Petite encyclo maison



La charpente, mode d'emploi

Chantiers pratiques

Connaître les bois de charpente

Lire les charpentes traditionnelles

Diagnostiquer les désordres

Restaurer, **modifier** des éléments de charpente

EYROLLES

La charpente, un ouvrage complexe et stratégique...

Sans charpente, point de toit. À quelques exceptions près (celles des voûtes en maçonnerie formant le couronnement des constructions dans un certain nombre de régions françaises), cette affirmation reste valable et de la qualité de sa charpente dépendra la viabilité d'une maison.

Charpentes robustes et charpentes légères, produits d'un art raffiné ou de savoir-faire élémentaires, chacune répond à des exigences particulières, s'adapte à des contraintes qui résultent de tout ce qui fait la spécificité d'une région : son climat, sa végétation, ses aptitudes culturales, sa richesse, son isolement, l'histoire de sa population.

Du petit abri au milieu des champs au château seigneurial dominant le village, les architectures sont variées mais toutes réclament un toit protégeant bêtes, hommes ou récoltes. Un toit dont la charpente, portant la couverture, doit répondre aux caractéristiques particulières de cette dernière (éléments de couverture en pierre, en paille ou en terre cuite), mais aussi résister à la force du vent, s'accorder aux pluies abondantes ou rares, supporter le poids de la neige. La charpente s'adapte également au volume du bâtiment, à sa largeur, à la solidité de ses murs.

Des simples pannes courant de pignon à pignon et portant le lattis et la couverture d'un édifice mineur, à la succession de fermes triangulées s'alignant sur toute la longueur d'une grange dîmière, il n'y a aucune similitude si ce n'est que toutes ces charpentes ont la même fonction.

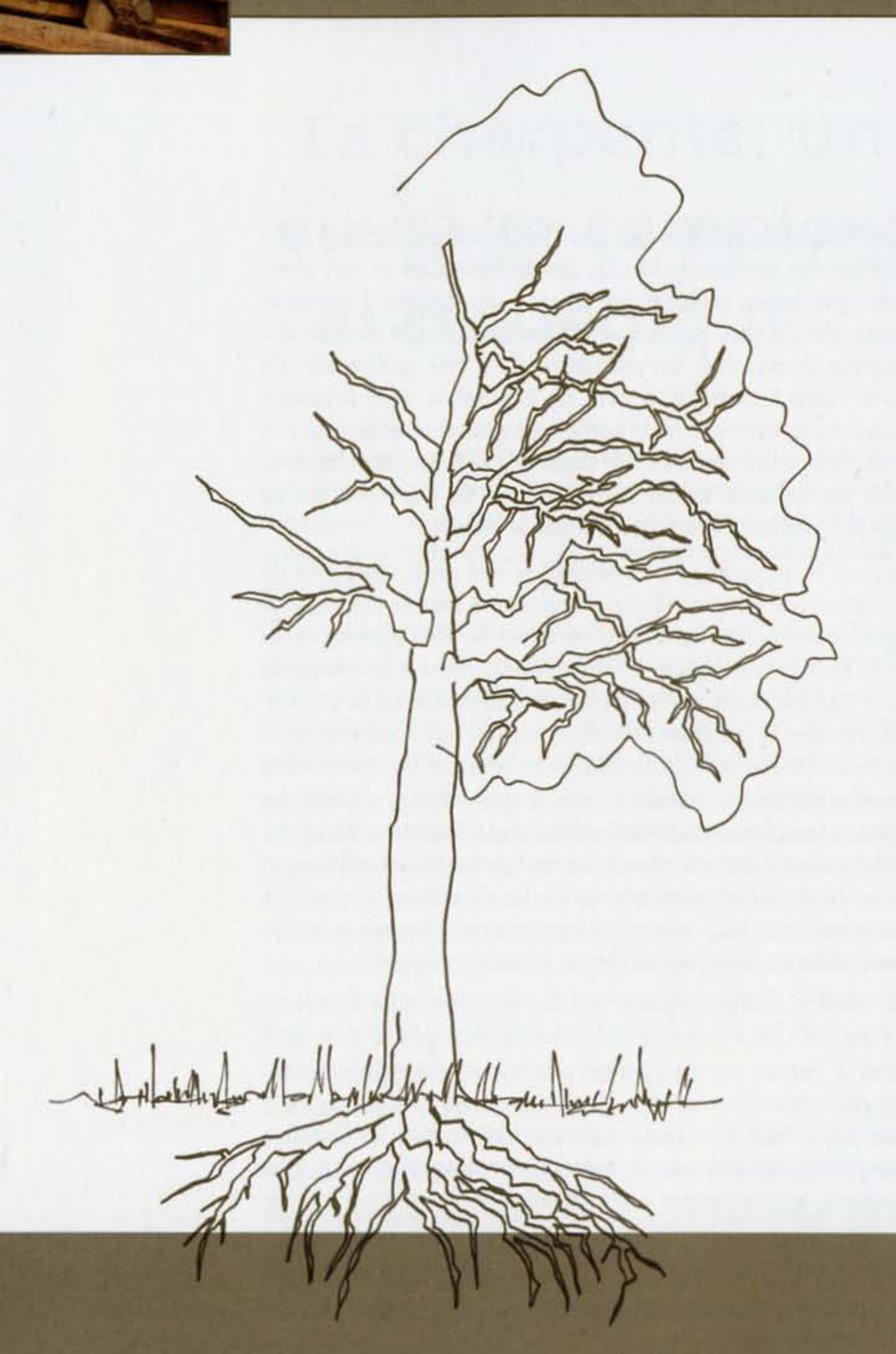
Pour les unes, il s'agit d'une mise en œuvre rudimentaire que tout agriculteur maîtrise, pour les autres, d'un savoir-faire sophistiqué issu d'une expérience millénaire nourrie par des générations de charpentiers répondant à des commandes complexes, celles des hommes du pouvoir.

Monde étrange que celui des charpentes, où se côtoient sans complexe des œuvres de la plus grande simplicité et des réalisations grandioses, toutes ayant un sens, une histoire à raconter. Chacune d'entre elles réclame notre attention pour en comprendre la logique et identifier les problèmes dont elle souffre afin de pouvoir l'aider à continuer à vivre. De leur bonne santé dépendra la longévité du bâtiment qui la porte. Tout désordre survenu sur l'un des éléments constitutifs d'une charpente a ainsi des répercussions, parfois dramatiques, sur les murs porteurs, les planchers qui s'y raccordent, les baies qui ponctuent les façades...

Beaucoup de propriétaires minimisent le rôle de la charpente de leur maison, car celle-ci est (le plus souvent) cachée aux regards, reléguée dans les confins du bâtiment, loin de leurs parcours quotidiens. Et pourtant, rendre épisodiquement visite à la charpente devrait être une démarche spontanée, de bon sens, pour, en quelque sorte, prendre le pouls de la maison, repérer ses faiblesses et, si nécessaire, intervenir le plus rapidement possible. De même, dans le cas d'un édifice nouvellement acquis (ou pour lequel existent des projets de transformation), vérifier l'état de la charpente, décrypter son histoire, réfléchir aux effets des modifications éventuelles qu'on veut lui faire subir doivent être de l'ordre du réflexe. On ne peut impunément intervenir sur une charpente sans réflexion préalable et sans maîtriser les principes de son « fonctionnement ».

Mais cette curiosité naturelle qui devrait saisir chacun d'entre nous devant une charpente ancienne ne doit pas, a contrario, amener à penser que l'on a ainsi acquis une compétence suffisante pour intervenir sur elle. On ne s'improvise pas charpentier. Connaître les bois mis en œuvre dans une charpente, leurs performances, leurs défauts, est du ressort du professionnel, seul apte, également, à comprendre précisément le rôle joué par chacun des éléments qui la composent, aussi particulière soit-elle, et à pouvoir en apprécier l'état.

La charpente est chose trop sérieuse pour se risquer à y intervenir seul... ou mal accompagné !



Les bois de charpente

On ne doit jamais oublier que derrière les éléments façonnés qui composent une charpente, il y a des arbres qui, par leur nature, leur structure, leurs blessures, leurs qualités et défauts, relatent — comme tout être vivant — une histoire. De même qu'un animal ou un homme racontent, dans leur corps, les plaisirs et les tourments de leur vie.

Un arbre peut avoir un tronc droit ou tordu, être fait d'un bois dense ou léger, dur ou tendre. Il peut avoir subi les rigueurs d'un climat froid ou s'être accommodé de périodes de grande sécheresse, avoir eu une croissance rapide ou très lente et avoir été abattu jeune ou vieux.

De ces particularités mêmes découle son aptitude à être débité, façonné et mis en œuvre pour jouer un rôle précis à un endroit déterminé de la construction.

À l'heure où l'on décime, sans état d'âme, des régions entières pour transformer des arbres vénérables en cagettes ou en contreplaqué, il est bon de retrouver ce jugement sain sur le bois et d'apprécier comme un privilège la chance que nous avons de pouvoir vivre dans des maisons où la forêt est encore présente !

Les essences utilisées

Les professionnels du bois, charpentiers, menuisiers et ébénistes, connaissent, bien sûr, les données fondamentales pour faire le choix des bois qu'ils vont travailler. Mais le public les ignore le plus souvent et n'imagine pas le parcours qui, de la forêt à la charpente d'un toit, conduit l'arbre à la place qu'il occupe dans la maison. Comprendre cette évidence permet de porter un autre regard sur la charpente d'un toit, de la respecter, de ne pas exiger d'elle plus qu'elle ne peut donner.

Le choix des arbres locaux

Par nécessité, on a longtemps fait appel aux seuls bois des forêts locales pour édifier les charpentes. En cause, les faibles moyens des constructeurs, une technologie de transport rudimentaire et souvent la mauvaise qualité du réseau routier...

Si cela pouvait poser un problème de qualité des matériaux, par contre les bois mis en œuvre étaient toujours parfaitement adaptés aux conditions climatiques locales. Aujourd'hui où l'on va souvent chercher très loin les bois de construction, on prend le risque de les voir se révéler fragiles face à des conditions d'exposition à la pluie, au froid et aux fortes chaleurs que l'arbre n'a pas connues au cours de sa vie. Utiliser en plaine le bois d'un arbre poussé en haute altitude ne posera aucun problème, mais il en va tout autrement si un bois rond, empilé, peu apte à supporter des conditions extrêmes, est mis en œuvre en zone humide de plaine car les niveaux des strates du sol (chauds ou humides) favorisent le développement des lichens, des champignons et les attaques des insectes xylophages. Sans une baisse de température significative (entre – 15 et – 20 °C, voire plus), il faut s'attendre à de sérieux dommages !

Un arbre situé en bordure de forêt est soumis à l'action directe du vent dominant qui, en exerçant une poussée sur les branches, amène le tronc à « vriller ».

La nature de la couverture forestière, son abondance ou sa rareté, la pousse des arbres soumis au contexte local (avec un rôle important joué par le vent) ont amené à mettre en œuvre des essences diverses et des bois plus ou moins rectilignes.

On peut dire qu'en la matière l'homme a su utiliser tout ce que l'environnement lui offrait, avec, pour « seul » problème, l'obligation de donner à la charpente une solidité et une longévité suffisantes pour jouer son rôle durant plusieurs dizaines, voire plusieurs centaines d'années.

Écorce, aubier et duramen

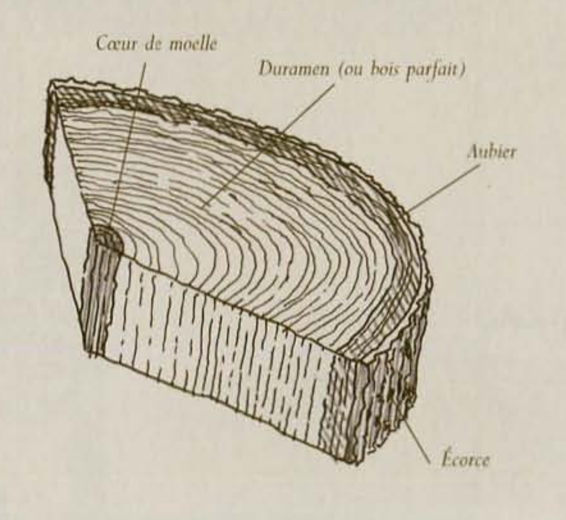
Tout arbre est constitué de trois parties de valeur inégale qui évoluent au cours de sa vie. Un tronc découpé laisse parfaitement apparaître cette structure : l'écorce, l'aubier, le duramen ou bois parfait.

L'aubier a une épaisseur variable. La croissance de l'arbre est liée à l'épaisseur d'aubier qu'il peut faire en une saison. C'est dans l'aubier que la sève circule. Plus un arbre est vieux, plus son aubier est mince. Par exemple, un chêne de 80 cm de diamètre n'a que 2 cm d'aubier, tandis qu'un chêne de 10 cm de diamètre peut avoir 6 cm d'aubier. Un très vieil arbre peut ne plus avoir d'aubier.

Partie tendre de l'arbre, l'aubier en est aussi la partie la plus fragile, attaquée par les insectes. Dans la mise en œuvre d'un bois de charpente, on minimisera autant que possible la présence de l'aubier dans les pièces travaillées.

À l'inverse, le cœur de l'arbre, le duramen, est la partie la plus dure, la plus résistante de l'arbre, et échappe à l'action des insectes. On lui donne le nom de « bois parfait ».

C'est la densité du bois et la façon dont les fibres sont liées qui donnent au matériau ses performances par rapport à la flexion et à la compression.



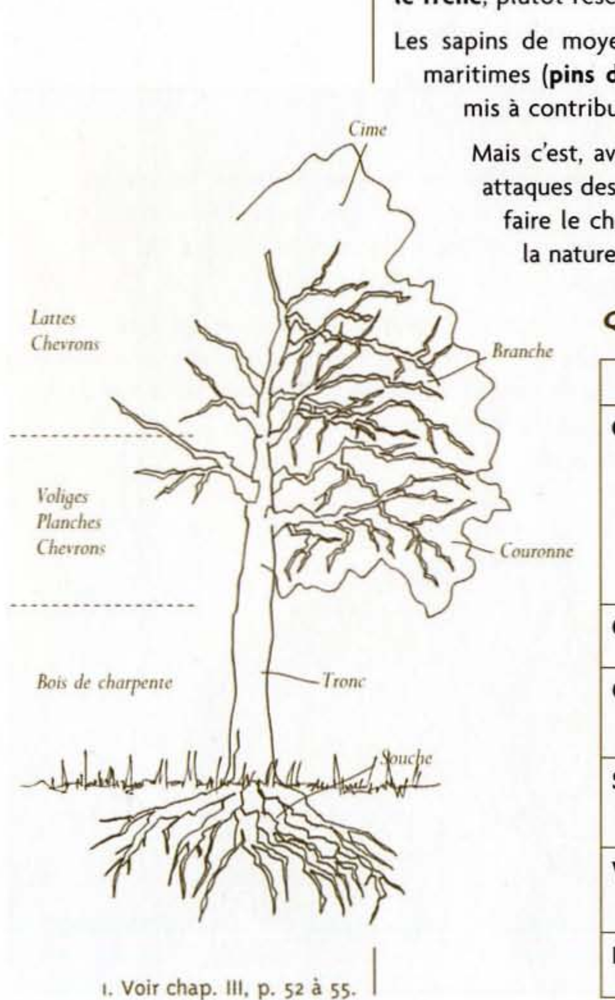
Les principales essences

Bien évidemment, dès que cela était possible, on utilisait **le chêne**, matériau idéal pour sa dureté, sa résistance aux insectes, la longueur de ses fûts. On employa aussi **le châtaignier**, abattu jeune, pour les pièces secondaires de faible section (chevrons ou lattes) car l'arbre a une fâcheuse tendance à se creuser lorsqu'il arrive à maturité.

L'aulne des vallées humides, **le peuplier**, **le grisard**, **l'orme**, ont été, de même, mis en œuvre dans les charpentes, ou encore **le frêne**, plutôt réservé aux pannes et aux jambes de force.

Les sapins de moyenne montagne (**épicéa, mélèze**), les pins maritimes (**pins des landes** de Gascogne) furent également mis à contribution.

Mais c'est, avant tout, la capacité du bois à résister aux attaques des insectes xylophages[1], qui était retenue pour faire le choix des bois de charpente, pour autant que la nature environnante le permette.



Quel bois pour quel usage ?

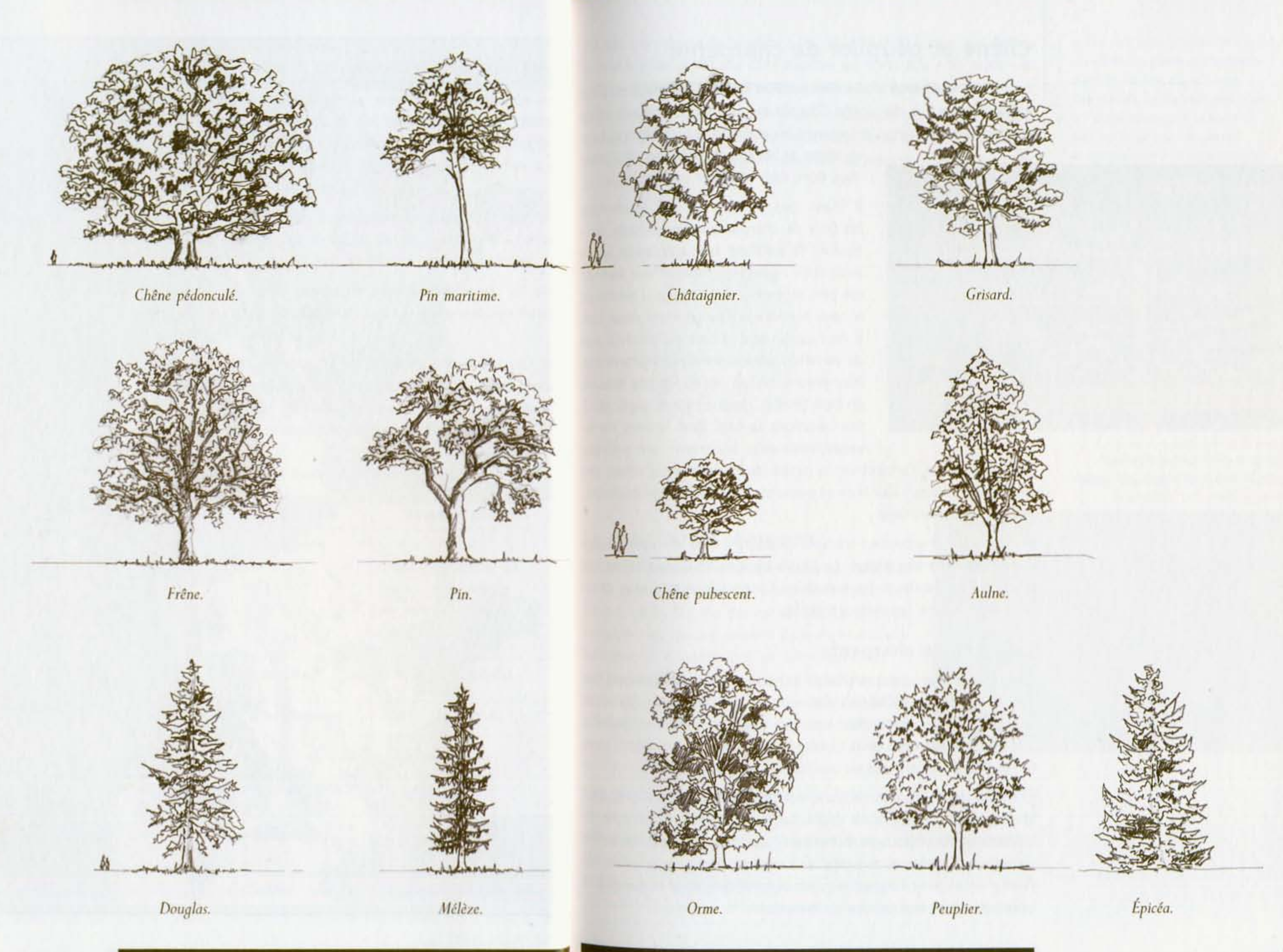
Ouvrage	Essences utilisées
Charpente	Chêne, peuplier, châtaignier, orme, pin laricio, pin sylvestre, pin maritime, sapin, douglas, mélèze, épicéa
Cheville	Acacia, frêne, chêne
Chevronnage	Chêne, châtaignier, peuplier, sapin
Solivage	Chêne, châtaignier, peuplier, sapin
Voligeage	Chêne, châtaignier, peuplier, épicéa, sapin
Lattis	Sapin, peuplier, bouleau

1. Voir chap. III, p. 52 à 55.

Les principaux bois de charpente dans la forêt française

Chêne pédonculé
Chêne rouvre
Chêne pubescent

Châtaignier
Pin Laricio
Sapin
Épicéa
Pin maritime



Chêne pédonculé.

Pin maritime.

Châtaignier.

Grisard.

Frêne.

Pin.

Chêne pubescent.

Aulne.

Douglas.

Mélèze.

Orme.

Peuplier.

Épicéa.

Chêne et peuplier de charpente

Les bois de charpente proviennent souvent de surbilles (la bille de pied étant réservée à la menuiserie, l'ébénisterie, le tranchage) ou de billes entières, pied compris. C'est souvent le cas du chêne pubescent qui est un chêne de bordure de bois, avec des branches, donc des nœuds, et souvent vrillé.

Dans un atelier de charpentier, tous les bois sont rangés par essences pour faciliter leur utilisation.

Il n'est pas nécessaire de soumettre les bois de charpente à un séchage particulier. Ils peuvent être employés après avoir été « ressuyés » (lorsque leur surface est plus ou moins sèche, et qu'il ne coule ni sève ni résine) à l'air pendant deux ans. Il faut savoir que le bois ne connait pas de variation dimensionnelle longitudinale. Pour preuve, on fait des étalons de mesure en bois (mètre, double mètre, pige, etc.). Ses variations se font dans le sens transversal, mais elles importent peu puisque dans une ferme, l'arbalétrier, la jambe de force ou le blochet ont leurs quatre faces à l'air libre et peuvent donc varier dimensionnellement sans dommage.

En effet, le charpentier travaille principalement en assemblage par abouts et triangulation. Le bois a un sens, et la qualité de ses défauts ! Les fentes et les nœuds ne l'impressionnent guère car il sait, au contraire, les mettre à profit.

Le chêne de charpente

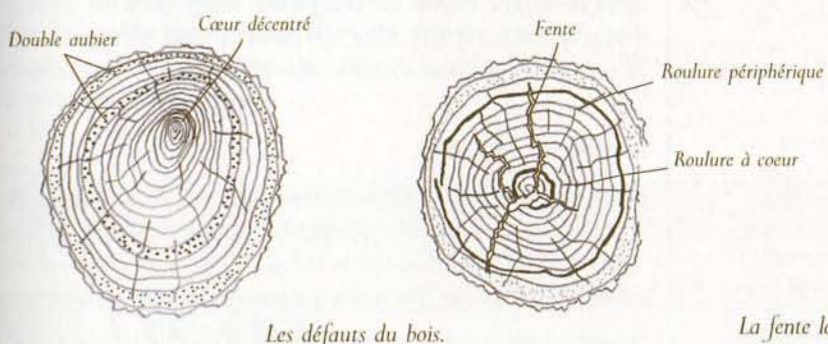
Le chêne de charpente, ou chêne « à charpenter », est représenté par le chêne pédonculé (*Quercus pedunculata*), le chêne rouvre (*Quercus sessiflora*), et le chêne pubescent ou chêne champêtre (*Quercus pubescens*), tous trois de la famille des fagacées. Ces variétés sont le plus souvent confondues une fois les arbres débités.

Les bois de chêne ont toujours été recherchés par les charpentiers qui ont su en utiliser toutes les particularités. Un chêne de bordure de forêt (souvent pubescent), qui a subi de plein fouet les intempéries, a une texture plus résistante qu'un chêne de milieu de forêt, lequel, avec l'aspect régulier de ses fibres tout en longueur, convient mieux aux travaux de menuiserie.

De plus, un chêne de bordure a un cœur excentré, avec des cernes annuels plus serrés du côté exposé au nord. Il a « du raide » et cette partie doit être opposée à l'effort du bois en œuvre[2].

Les fentes ne sont pas non plus considérées par un charpentier comme un défaut si elles se présentent dans le sens longitudinal de la pièce de bois. Elles indiquent au contraire le séchage du bois massif.

2. On sait aussi utiliser les nœuds du côté des fibres comprimées dans la flexion du solivage. Ces nœuds ne nuisent pas plus à l'esthétique qu'à la solidité des poteaux qui travaillent principalement en compression.



Les défauts du bois.


La fente longitudinale et le nœud présents dans cette pièce de bois n'interfèrent en rien avec sa solidité.

Le peuplier de charpente

Il fait partie, avec le tremble (*Populus tremulus*) et le grisard (hybride entre tremble et peuplier blanc), de la famille des salisacées. Longtemps employé et encore présent dans de nombreux bâtiments d'habitation et d'exploitation, il est aujourd'hui banni de la construction pour des raisons d'économie, de réglementation arbitraire mais surtout de par son utilisation par l'industrie de la caisserie, de l'emballage et de la pâte à papier.

Les petits peupliers étaient autrefois coupés à un diamètre moyen de 90 / 130 mm pour 6 à 8 m de longueur. Ils donnaient des bois nerveux, fibreux, souvent torses. Dans les charpentes de toit, ils servaient avant tout à fabriquer les chevrons (mais ils constituent aussi, notamment en Champagne, l'ossature des murs de nombreuses granges et maisons plusieurs fois centenaires).

Formes et sections des bois mis en œuvre

Sections carrées ou sections rectangulaires ?

Le charpentier définit lui-même les sections des bois qu'il mettra en œuvre. Ces sections sont le plus souvent carrées, bien que l'inertie d'une section rectangulaire soit plus forte. Une section carrée a en effet l'avantage d'offrir au charpentier deux choix de position ou d'orientation, suivant le raide, sur les deux faces de sa pièce de bois. La section rectangulaire n'offre, elle, qu'un choix « raide dessus ».

Profils et sections

Un charpentier peut s'accommoder de bois dont la forme n'est pas rectiligne pour faire une charpente. Dans certains cas, il mettra même à profit la courbe d'un fût ou d'une branche pour réaliser arbalétriers (cas des charpentes « à cruck ») ou jambes de force.

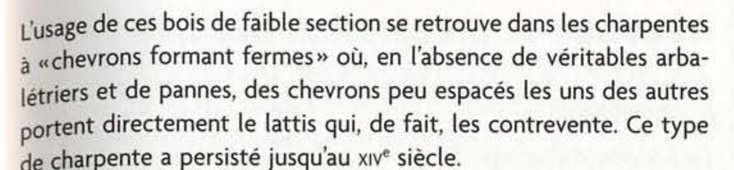
Le plus souvent, ce sont des bois droits qui sont recherchés mais l'important est surtout la section qu'ils présentent par rapport à leur destination dans la charpente. Au tout début de l'histoire de la charpente, on utilisait des bois de brin, qui n'avaient pas de forte section mais qui, coupés jeunes, étaient droits (c'est quand l'arbre vieillit et qu'il grossit qu'il se déforme). Ils étaient simplement équarris à la hache (parfois même seul l'emplacement des assemblages était équarri).

Les façonnages plus ou moins élaborés de la charpente révèlent des époques historiques ou des savoir-faire particuliers. Ci-dessous, un chevronnage réalisé en bois de brin, en bas, les entraits ont été équarris au droit des assemblages pour le premier et en totalité pour le second.









L'usage de ces bois de faible section se retrouve dans les charpentes à « chevrons formant fermes » où, en l'absence de véritables arbalétriers et de pannes, des chevrons peu espacés les uns des autres portent directement le lattis qui, de fait, les contrevente. Ce type de charpente a persisté jusqu'au XIVe siècle.

Lorsque, pour des raisons d'économie, et pour faciliter l'utilisation des combles, on a réduit le nombre des fermes à quelques-unes seulement, on a introduit des pièces horizontales, les pannes, s'appuyant sur des arbalétriers, et sur lesquelles reposaient les chevrons. On a alors dû donner aux bois mis en œuvre de plus fortes sections : c'est le principe que l'on retrouve dans la ferme latine.

Traces d'histoire



Plus le temps passe, plus le chêne se fend longitudinalement en séchant, et plus il devient résistant, jusqu'à acquérir, au cours des siècles, une dureté quasi minérale. Il peut donc être réemployé indéfiniment. On trouve nombre de pièces de bois de récupération dans des constructions très anciennes comportant des fentes, des nœuds et des trous d'anciennes mortaises, qui remplissent encore parfaitement leur fonction. Pour le spécialiste comme pour l'esthète ces charpentes sont un livre qui raconte le passé, des témoins de l'histoire d'un métier. Sur la photo ci-contre, l'arbalétrier laisse ainsi apparaître une mortaise et des encoches, traces d'un usage antérieur.



Dans une charpente en place, un charpentier sait toujours reconnaître la position qu'occupait la pièce de bois dans l'arbre (dans le pied, dans la tête), mise en œuvre en fonction des nœuds et des fibres visibles, mais aussi en fonction des sections. Ici, l'entrait de cette ferme, dont les extrémités sont de sections différentes, indique bien la tête et le pied de l'arbre mis en œuvre.

SAVOIR SÉLECTIONNER UN BOIS

Un bon charpentier repère tout de suite, dans un stock de bois, les coulées de sève et les champignons qui prouvent que l'arbre n'a pas été abattu dans de bonnes conditions.

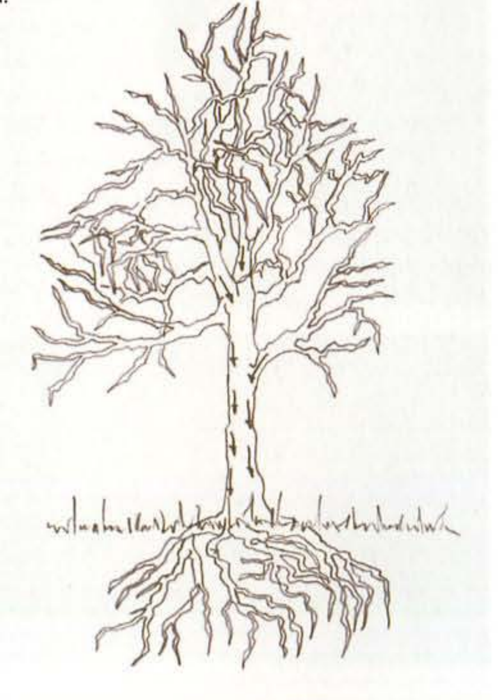
Abattage et préparation des bois

L'abattage

La période d'abattage de l'arbre est primordiale pour sa conservation. Ainsi, un chêne abattu en pleine montée de sève sera très rapidement «échauffé» et sujet à l'action de champignons et d'insectes divers. Dans la tradition, on abattait un arbre en période d'hivernage, pendant sa descente de sève : de novembre à mi ou fin février selon les régions. La lune avait aussi son importance : la lune descendante «crispe» les végétaux, ce qui donne un bois plus nerveux, plus homogène.

Lorsqu'il y avait un redoux en période de descente de sève, on arrêtait l'abattage jusqu'à ce que le froid revienne.

Une fois coupé, l'arbre a été durant des siècles équarri sur place. On façonnait donc directement la poutre en forêt. À partir du milieu du XIVe siècle, le sciage du bois s'est fait, de la même manière, en forêt ou en bordure de forêt. Le transport était ainsi facilité car il est plus simple et moins dangereux de transporter du bois carré que du bois rond.



Au cours de l'année, la sève circule de manière différente dans l'arbre, de ses racines jusqu'à ses feuilles où se fait la fonction chlorophyllienne. De mars à octobre, à gauche, la sève brute monte et la sève élaborée descend. De novembre à février, la sève élaborée (débarrassée de ses nutriments) redescend.

Le séchage

En charpente, il n'y a pas vraiment de période de séchage du bois, mais l'exécution de toutes ces phases préparatoires prenait 2 ou 3 ans, car équarrir à la main prend du temps !

Le bois était donc employé «ressuyé», non pas sec mais plutôt tendre et se travaillant bien sans avoir à affûter les outils. Aujourd'hui encore le charpentier ne recherche jamais un bois sec, pour des questions de facilité de façonnage et de mise en œuvre.

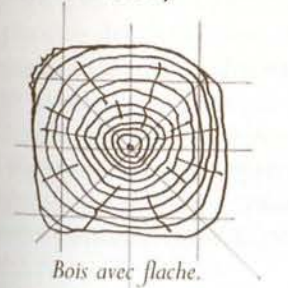
Lors de son séchage, le bois varie dans ses dimensions périphériques **mais il ne perd jamais en longueur**, ce qui assure l'indéformabilité du triangle des fermes ; il n'y a donc pas de problème.

Selon sa destination dans la charpente, une poutre peut ou non présenter certains défauts. Ainsi, si l'on ne peut en aucun cas accepter pour un entrait un bois présentant des fentes ou des nœuds, on peut, sans danger, l'utiliser pour des arbalétriers. De même, une jambe de force doit être massive mais peut être courbe. Enfin, la présence de «flache» (reste d'écorce sur le bois sommairement équarri) n'est en rien dommageable à des bois de charpente. Dans sa commande de bois, un charpentier précise toujours son degré de tolérance de flache, ordinairement 1/5 de la section du bois.

Autrefois, le charpentier travaillait en atelier des troncs livrés bruts ; aujourd'hui il reçoit des pièces de bois déjà travaillées en fonction de leur destination dans la charpente (c'est ce qu'on appelle le «débit sur liste»).



Dans cette charpente sont mis en œuvre des bois comportant un faible pourcentage de flache. Ce caractère rustique ne nuit en rien à l'esthétique de l'ouvrage.



Bois avec flache.



Bois équarri.

Le travail du charpentier

Qu'il s'agisse d'un travail de restauration ou de création de charpente, le charpentier applique toujours la même méthode qui, du tracé de l'épure au levage, conduit progressivement une pièce (ou un ensemble de fermes) à la place qu'elle occupera définitivement.

L'étude de l'épure

L'étude de l'épure précède toujours l'épure proprement dite, elle en constitue le préalable indispensable pour définir les bois dont on aura besoin et leurs sections. Le premier travail du charpentier consiste donc à faire le dessin, généralement au 1/20, de toutes les pièces. À partir de cette étude, qui donne les mesures réelles de la future charpente, il établit son «débit sur liste» pour sa commande de bois.

Le tracé de l'épure

Il se fait à l'aide d'un cordeau, au sol et de niveau. Il peut être réalisé sur le sol de l'atelier, dans un champ préparé avec piquets et planches posées à plat, ou encore, dans le meilleur des cas, sur un plancher dressé à cet effet. Une fois l'épure tracée (au crayon ou à la craie), on recherche dans le stock les pièces de bois commandées dans le débit sur liste.

La mise sur ligne

À l'étape suivante, on effectue la «mise sur ligne», dite aussi «lignage» ou encore «jaugeage», où les lignes de niveau sont tracées sur les pièces (le «contre-jaugeage» désignant la même opération sur la face opposée de la pièce de bois). La mise sur ligne se fait à l'aide du cordeau et de la rainette. On cherche alors le centre de gravité du bois mis de niveau et d'aplomb.

Pour mettre le bois sur ligne, on se sert d'un niveau pour marquer sa plumée de dévers en travers du bois, au milieu de la pièce. Le fil de plomb doit tangenter l'arête du haut et l'arête du bas : ce sont les lignes de jaugeage. Seul le poinçon exige 4 lignes de jaugeage, car toutes ses faces sont importantes. Quand la pièce de bois est lignée et contre-jaugée sur épure, elle est complètement équilibrée, comme elle le sera dans l'espace.



Le charpentier contrôle la ligne de niveau sur la pièce de bois mise sur épure, par une plumée de dévers.

La mise sur épure

Il s'agit maintenant de positionner sur le plan d'épure les pièces de bois brutes à leur futur emplacement, avant de les «piquer» puis de les marquer pour que leur place définitive soit établie. Dans cette opération, on commence toujours par les fermes, dans l'ordre qu'elles occuperont dans la charpente. L'entrait est tout d'abord placé, puis le poinçon, enfin les arbalétriers.

Le piquage des assemblages

Une fois les pièces de bois lignées, le charpentier doit tracer les futurs assemblages. Cette opération, faite à l'aide du fil à plomb, s'appelle le «piquage». Pour faire correspondre au mieux les pièces qui se raccorderont, on observe la «polène», c'est-à-dire le dévers des bois, car ceux-ci peuvent être un peu gauches. Quand un bois a du «flache» (ce qui peut contrarier l'adhérence des pièces), on fait une «barbe» pour que les pièces s'emboîtent sans jeu.

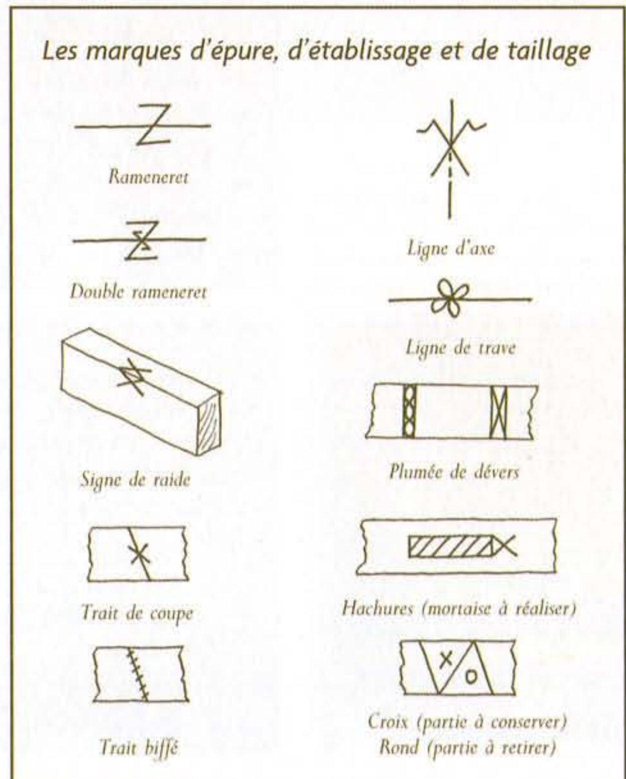
Le marquage des bois

Les marques de charpente donnent la position des pièces dans l'espace : le haut, le bas, la gauche, la droite. Elles sont tracées à la rainette, au plus près de l'assemblage et en pied de chaque bois, avant d'effectuer tout taillage. Une fois marquée la pièce est «rembarrée» (retournée), pour être marquée sur l'autre face.

Le charpentier trace ici sur un plancher son épure de détail d'assemblage.



Les marques d'épure, d'établissage et de taillage



Le traçage du chevillage et le percement des enlaçures

Pour tracer le chevillage, on prend la jauge, on trace l'axe du trou et, les pièces étant encore à l'horizontale, les trous de chevilles sont positionnés au 1/3 de la longueur de l'assemblage. On peut alors percer les enlaçures selon la règle : « L'enlaçure = la couture » (le diamètre du trou est égal à la distance restante au bord du bois.

Le taillage et la vérification des assemblages

Les pièces sont sorties de l'épure pour le taillage des assemblages. Quand tous les tenons et mortaises sont taillés, on les teste, pièce par pièce : c'est ce qu'on appelle « tâter la tire ». Quand le raccordement des pièces se fait de manière satisfaisante, on perce les tenons pour la « tire ».

Une scie circulaire permet au charpentier de tailler l'about de la pièce qui s'assemblera à d'autres éléments de charpente.









À l'aide de la mortaiseuse, le charpentier creuse les mortaises qui accueilleront, ultérieurement, des tenons.

La mise dedans sur épure

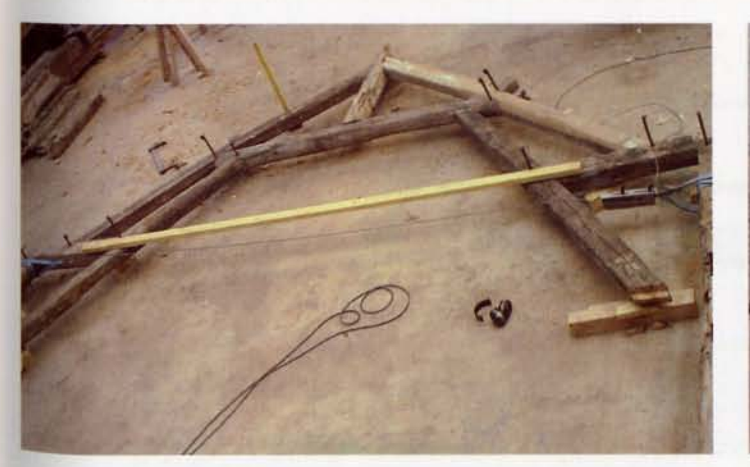
Les pièces de bois sont ensuite ramenées sur l'épure, pour procéder à leur « mise dedans » à l'aide de chevilles métalliques. Le moment venu, toutes les pièces ainsi préparées seront transportées sur le chantier.

Le levage

Le « levage » d'une charpente est sa reconstitution au sommet d'un édifice en chantier. La mise en place des fermes successives se fait selon un ordre précis : on dit que le levage est « orienté ». Il s'effectue toujours de l'orient vers le levant, pour qu'on n'ait pas le soleil dans les yeux.



Selon le type de chantier, la charpente est levée manuellement ou mécaniquement. Ici, c'est un bras télescopique qui facilite la manœuvre.





Ultime vérification pour une ferme dont tous les éléments sont assemblés et chevillés de manière provisoire.

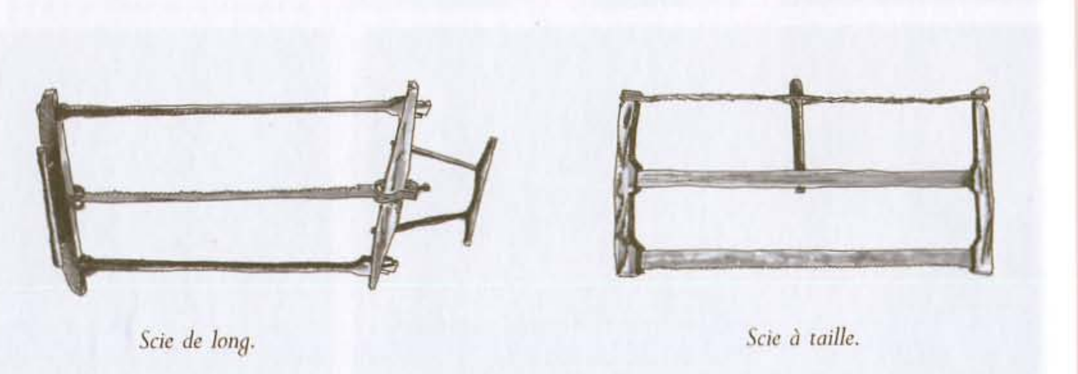
Les outils de la tradition

Les outils de la tradition

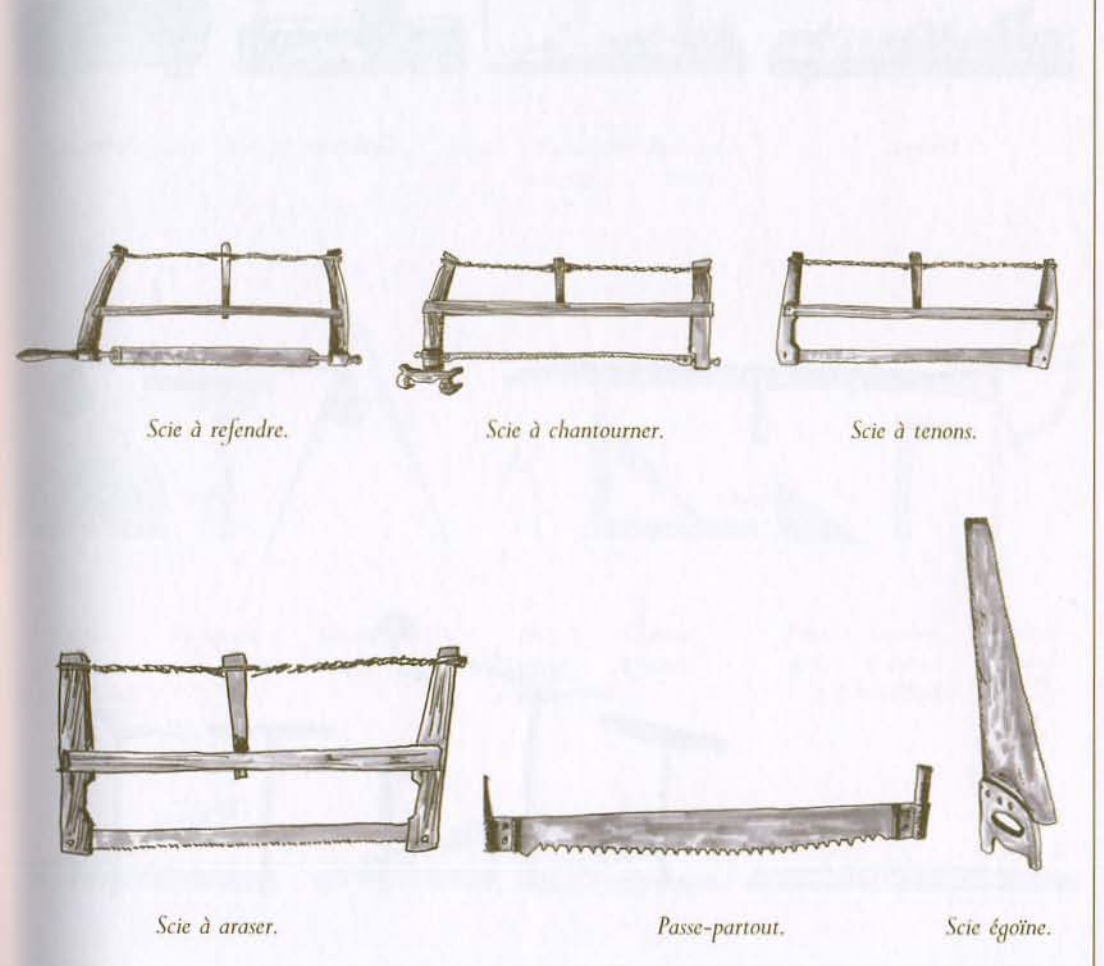
Le profane est toujours étonné par le grand nombre d'outils dont se sert le charpentier à tous les stades de l'exécution d'un ouvrage. Malgré l'apparente similitude, à quelques détails près, de certains d'entre eux, chacun répond précisément à une intervention particulière dans le débitage, le sciage, la préparation des assemblages, le marquage des pièces. Ne sont présentés ici qu'une partie d'entre eux.



Doloire. Herminette. Piochon. Hache. Épaule de mouton. Hachette. Arrache-clou. Masse. Massette.

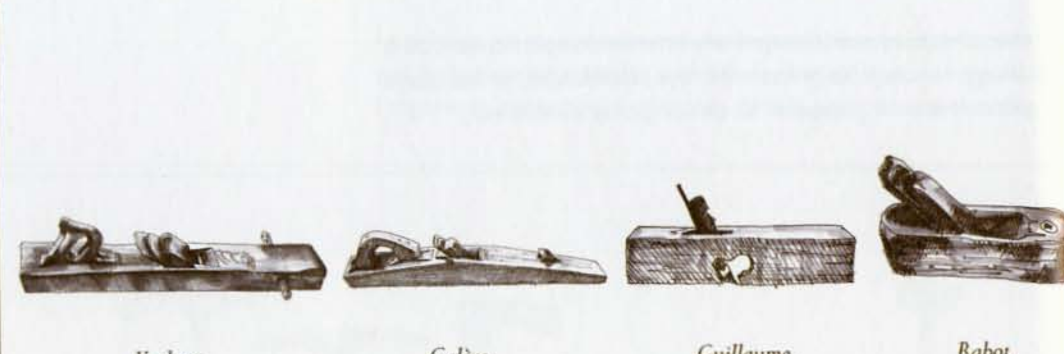


Scie de long. Scie à taille.

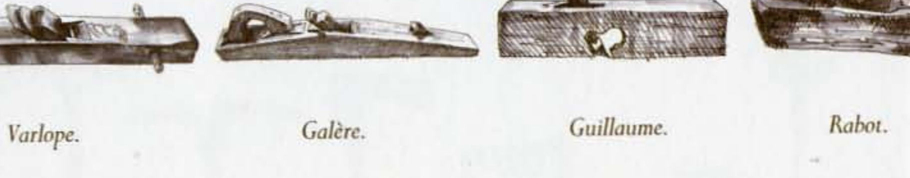


Scie à refendre. Scie à chantourner. Scie à tenons.

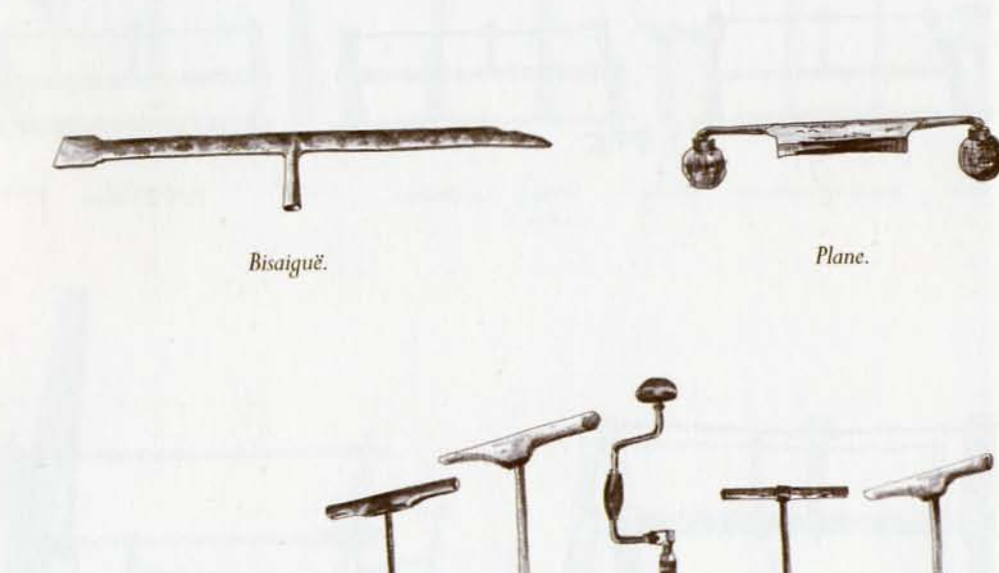
Scie à araser. Passe-partout. Scie égoïne.



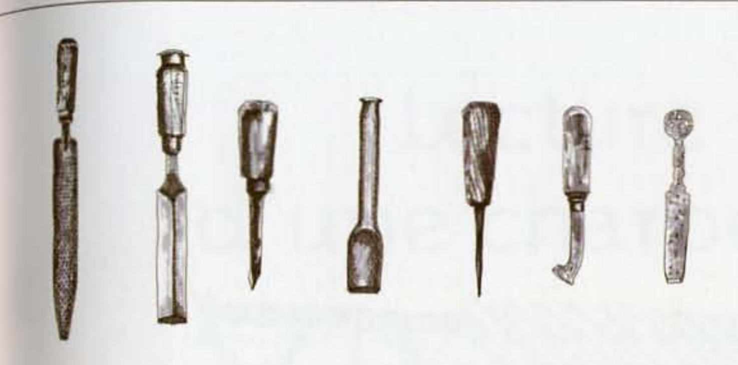
Varlope. *Galère.* *Guillaume.* *Rabot.*



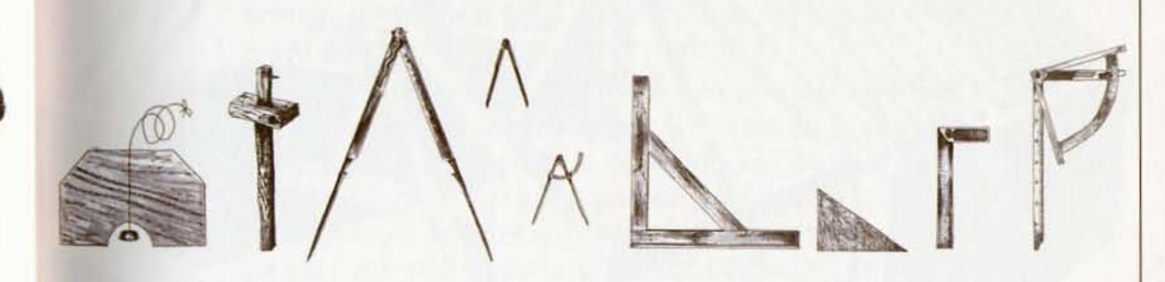
Bisaiguë. *Plane.*



Tarière torsadée. *Tarière à cuillère.* *Vilebrequin.* *Laceret torsadé.* *Laceret à cuillère.*

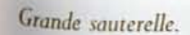


Râpe. *Ciseau.* *Bédane.* *Gouge.* *Lapin.* *Rainette à marquer.* *Rainette à tracer.*



Niveau de dévers et fil à plomb. *Trusquin.* *Grand compas.* *Petit compas.* *Petit compas à secteur.* *Grande équerre.* *Pièce carrée.* *Équerre à dossier métallique.* *Équerre allemande.*



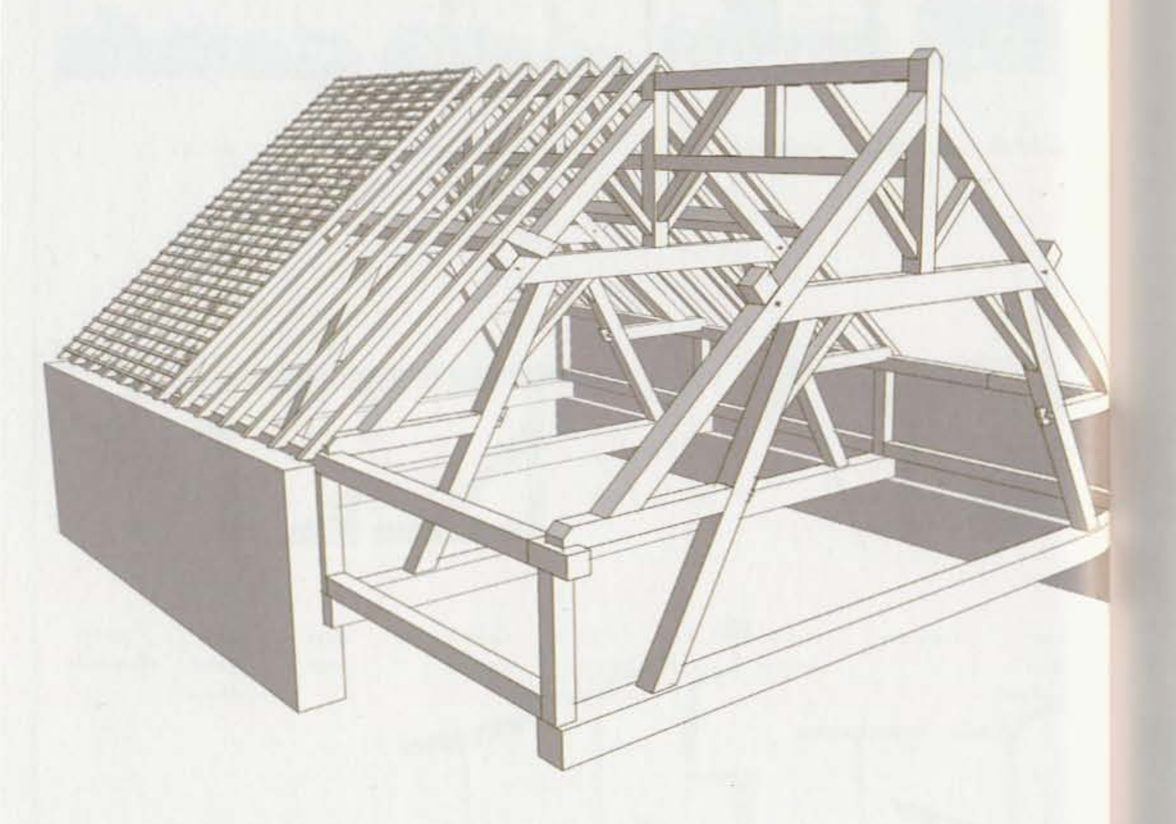






Grande sauterelle. *Sauterelle coulissante.* *Fausse équerre.* *Niveau.*







Lecture d'une charpente

Connaissez-vous la charpente de votre maison? Avez-vous essayé d'en comprendre le fonctionnement? Tout propriétaire d'une maison ancienne devrait se prêter à cet exercice essentiel. À quoi servirait, en effet, de vérifier l'état de la couverture ou celui des enduits de façade si, dans le même temps, on négligeait d'estimer la santé de cet élément primordial de la construction?

Lire une charpente, c'est déjà pouvoir en nommer les éléments constitutifs, des principaux aux subsidiaires, et connaître la fonction qu'ils ont dans l'assemblage. C'est aussi pouvoir définir l'originalité de la charpente par rapport à celles présentes autour de soi: est-elle commune, exceptionnelle, unique? Et quelle histoire particulière raconte-t-elle?

Certes, une telle lecture critique ne peut, pour porter ses fruits, qu'être faite par un praticien averti. Mais savoir déjà «de quoi il retourne» permet d'éviter les mésaventures d'opérations destructrices, ou de ne pas voir venir la catastrophe.

Histoire et datation d'une charpente

Bien évidemment, seul un expert peut se prêter valablement au jeu de la datation d'une charpente. Et l'on tirera profit de ses conclusions pour mettre en valeur certains de ses éléments ou sauvegarder l'ensemble. Un propriétaire peut cependant, en tenant compte de certains indices présents sur les différentes pièces de bois, tenter d'estimer l'âge de sa charpente.

Les dates inscrites

L'histoire des charpentes est fort longue et certaines subsistent qui sont très anciennes, y compris dans des bâtiments modestes. On ne peut cependant, pour dater une charpente, compter sur les seules inscriptions trouvées sur quelques-unes d'entre elles.

Tout d'abord parce que celles-ci sont rares et que, quand elles existent, elles ne concernent le plus souvent que la pièce sur laquelle elles sont inscrites : il peut s'agir alors d'un réemploi ou de la date d'une intervention de restauration.

Les traces de façonnage

Le façonnage des poutres, dont les plus anciennes ont été équarries à la hache (le sciage n'intervient vraiment qu'à partir du milieu du XVIe siècle), avec les traces laissées par l'outil utilisé, sont un élément intéressant pour établir la datation.

Le percement des trous de cheville avec un laceret à cuillère laisse, lui aussi, des traces particulières sur les bois jusqu'au milieu du XVIIIe siècle.

Jusqu'au milieu du XVIIIe siècle, à l'aide d'un burin triangulaire, le charpentier commençait par encocher le bois, qui en conserve toujours la trace. Il lui était alors plus facile, avec le laceret à cuillère, de percer le trou de la future cheville.



Deux traces d'outils de taille : à gauche, traces de taille à la hache, à droite, trace d'arrachement du bois sur une poutre sciée à la scie de long.

Variété et usage du trait de Jupiter

La nature des assemblages est une autre source de datation : si, par exemple, on sait faire des traits de Jupiter dès le XIIe siècle, ils sont, après le XVIe siècle, beaucoup moins bien adaptés qu'auparavant malgré une sophistication excessive.

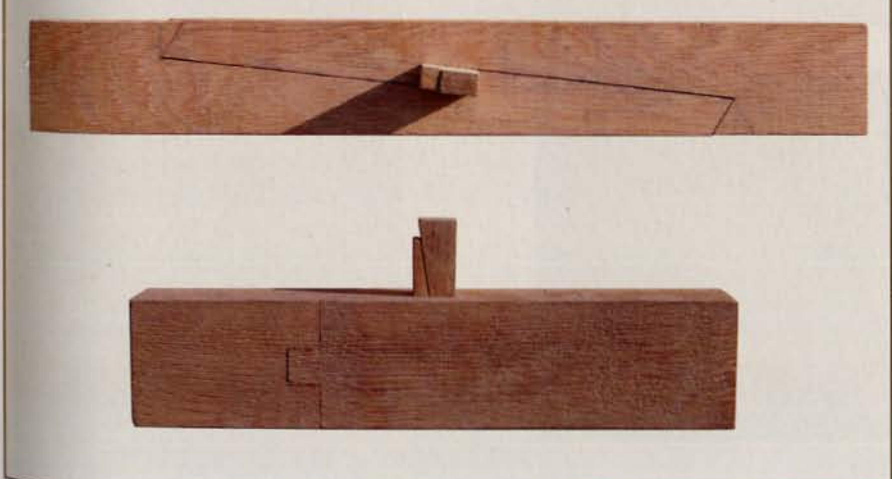


Jusqu'au XVIe siècle.



À partir du XIXe siècle.

L'assemblage à trait de Jupiter permet de lier bout à bout des pièces de bois qui travaillent à la traction et au fléchissement.



Les marques de charpentier

Les marques de montage qui ponctuent toute charpente sont une indication supplémentaire permettant de situer une charpente dans l'Histoire, car ces marques ont changé à partir du XVIe siècle.

Les marques de montage

Un franc
Un contremarque
Un double contremarque
Un crochet
Un double crochet
Un monté
Un patte d'oie
Un ancré
Un franc à la croix
Deux contremarque
Deux patte d'oie crochet
Trois patte d'oie contremarque
Deux à l'A
Quatre crochet
Quatre contremarque deux monté
Un patte d'oie monté à la croix

Nombre	Marque	Nombre	Marque
1	I	19	
2	II	20	X
3	III	21	XI
4	IIII	22	XII
5	Λ	23	XIII
6		25	
7		26	
8		29	
9		30	
10	X	35	
11	XI	40	
12	XII	50	L
13	XIII	100	C
14	XIIII		
15			
16			
17			
18			

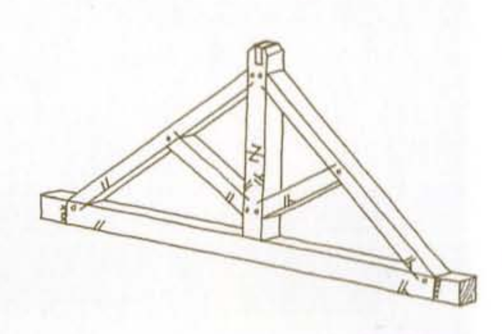
Elles sont le plus souvent mal interprétées par le profane, qui croit y voir des signes ésotériques ! Rien de cela, au contraire, puisque ces marques sont, pour le charpentier (quels que soient la région et l'âge de la charpente) un guide de montage (et donc de remontage éventuel). Toutes les fermes de la charpente sont ainsi localisées dans l'espace (1re ferme, 2e ferme...) ainsi que chacun de ses composants (arbalétrier gauche, arbalétrier de droite...). Tracées sur la table d'épure à l'aide du ciseau ou d'une rainette en pied de pièce, ces marques restent définitivement apparentes sur la charpente, pour autant que le bois ne soit pas dégradé. Elles ont très peu évolué au cours des siècles.



Jusqu'au XVe siècle

À partir du XVIe siècle





Les marques de charpente sont toujours positionnées en pied de pièce.

Les analyses scientifiques

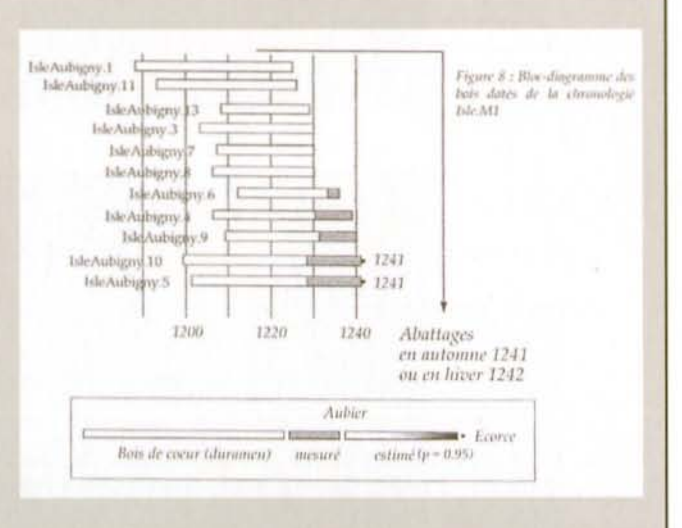
Le recours à la **dendrochronologie**, de plus en plus utilisée pour la datation des bois de charpente, ne peut être envisagé que dans le cadre de bâtiments historiques d'importance car son coût est relativement élevé.

La dendochronologie repose sur un principe simple. Sachant que tout arbre produit, au cours de sa croissance annuelle, une épaisseur supplémentaire de bois (épaisseur variable selon les conditions climatiques qu'il a connues pendant cette période) visible sous forme de cernes concentriques marquant le tronc, il est « facile » de déduire l'âge de l'arbre en comptant ces cernes. La comparaison de ces caractéristiques avec la base de données établie par les scientifiques permet de situer l'arbre à un moment historique précis.

Seul un spécialiste (le dendrochronologue) peut effectuer une telle datation car les pièges sont nombreux et la lecture des cernes parfois trompeuse. Autre problème, les pièces de bois d'une charpente sont nombreuses, certaines pouvant être des bois de réemploi. Faire un sondage (par carottage) sur l'entrait d'une des fermes ne permet pas de tirer des conclusions sur l'âge de la charpente dans son ensemble.

Extrait d'un rapport de datation par dendrochronologie de la charpente d'une église champenoise

« La charpente originelle est à chevrons porteurs. Elle est érigée en 1242 avec des bois de brin, en chêne, très jeunes (moins de 50 ans pour la majorité d'entre eux) et de faible section. [...] La charpente est modifiée avec des arbres exploités en automne 1779 ou en hiver 1780. Une nouvelle ferme est intercalée entre 2 fermes du XIIIe siècle. »



Source : Étude réalisée en septembre 2007 par Olivier Girardclos et Christophe Perrault, Laboratoire du CEDRE (Centre d'étude en dendrochronologie et de recherche en écologie et paléoécologie) de Besançon.

Rôle et fonctionnement d'une charpente

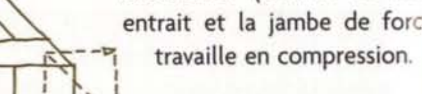
Le rôle d'une charpente est de porter la couverture du toit. En aucun cas elle ne contribue à contreventer les murs de l'édifice, sur lesquels au contraire elle exerce ses effets. Car c'est sur eux qu'elle reporte les charges qu'elle reçoit, et qui s'ajoutent à son poids propre, en sachant qu'elle ne doit transmettre que des charges verticales.

La triangulation

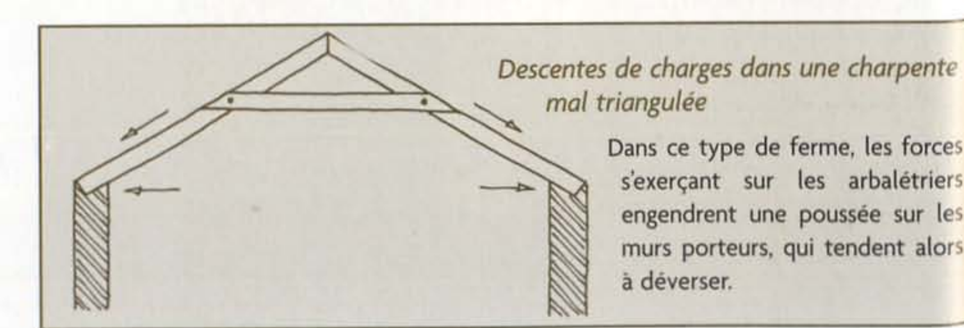
Le triangle est une figure indéformable qui sert de fondement à la plupart des charpentes. La ferme triangulée constitutive des charpentes de toit anciennes, est faite de l'assemblage de deux arbalétriers dans un poinçon et d'un entrait.

Chacune des pièces composant la ferme est soumise à des forces les obligeant à travailler de manière particulière :

- l'entrait travaille en traction et en flexion ;
- le poinçon (tout comme le blochet) travaille en traction ;
- l'arbalétrier (comme le faux-entrait et la jambe de force) travaille en compression.



Forces s'exerçant dans une ferme triangulée et descentes de charges.



Descentes de charges dans une charpente mal triangulée

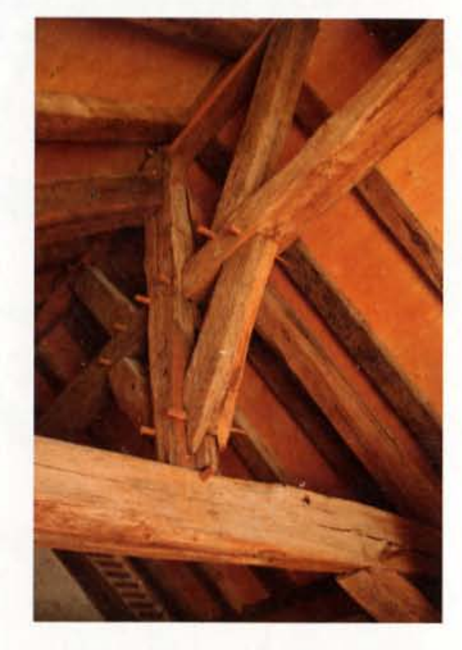
Dans ce type de ferme, les forces s'exerçant sur les arbalétriers engendrent une poussée sur les murs porteurs, qui tendent alors à déverser.

Le contreventement

Une charpente de toit est soumise, plus ou moins fortement selon les régions, à la force du vent dominant et des vents exceptionnels. Elle doit, sans coup férir, continuer à jouer son rôle dans les plus fortes tempêtes. C'est le rôle du contreventement (littéralement « contre le vent ») des charpentes, assuré par des pièces particulières.

Si la première fonction du poinçon est de tenir l'assemblage des arbalétriers, il sert aussi à assurer l'équilibre latéral des fermes, car il imprime un effort de torsion. Pour ce faire, le poinçon doit être bloqué dans l'entrait. Dans une charpente bien faite, le poinçon est assisté dans ce rôle par des couples de liens le reliant à la panne faîtière.

À partir du XVI[e] siècle, la présence d'un sous-faîtage améliore considérablement le contreventement des charpentes. Ce sous-faîtage court de ferme à ferme et est assemblé à chacun des poinçons.



Vue détaillée d'une charpente avec sous-faîtage raccordé, d'une part à la panne faîtière, d'autre part à la partie basse du poinçon.

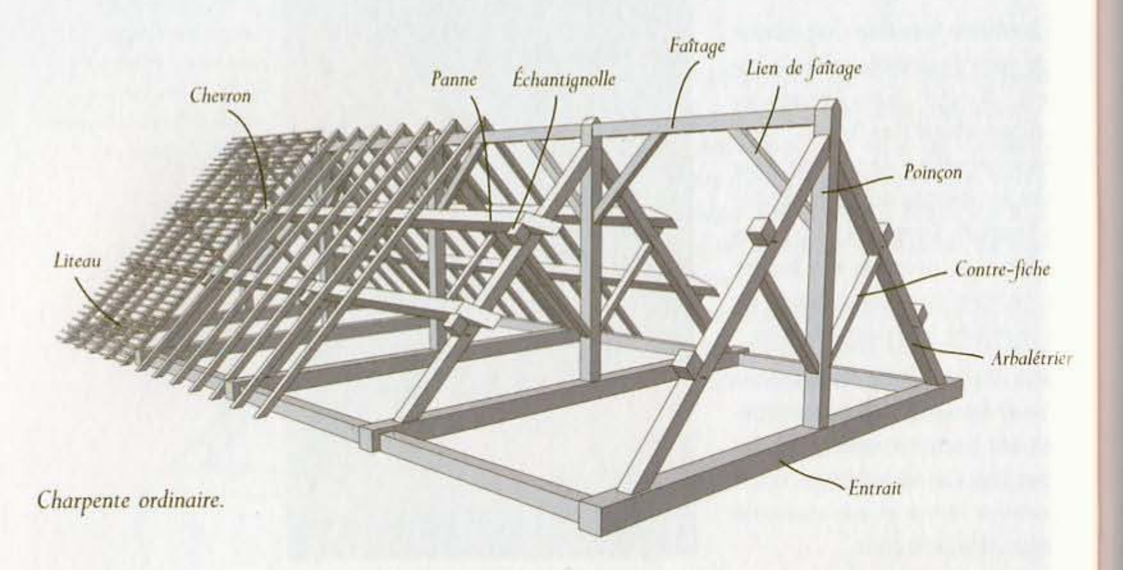


Le contreventement longitudinal est assuré par un sous-faîtage assemblé au poinçon et soutenu par un aisselier. Il est, par ailleurs, relié au faîtage par deux liens et un potelet.

Composition d'une charpente

Les pièces de charpente

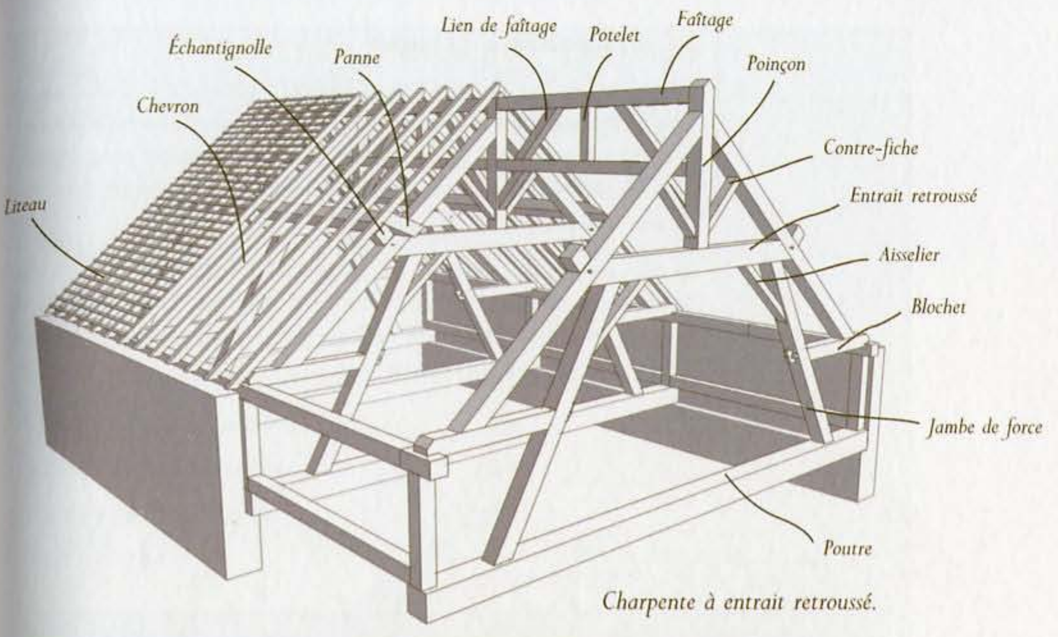
Une charpente compte un nombre important de pièces de bois, principales et secondaires, qui ont toutes un rôle dans son équilibre et dans la répartition des charges qu'elle porte. Les noms donnés à ces pièces connaissent peu de variations régionales.



Charpente ordinaire.

Entrait	22 x 22	Contrefiche	11 x 11
Poinçon	17 x 17	Lien de faîtage	11 x 11
Faîtage	15 x 15	Échantignolle	11 x 11
Panne	17 x 17	Chevron	8 x 8
Arbalétrier	15 x 15	Liteau	13 x 27

Portée de mur à mur	6,14 m
Espacement des travées	3 m
Espacement des chevrons	0,4 m
Espacement des liteaux	0,011 m



Charpente à entrait retroussé.

Entrait retroussé	17 x 17	Arbalétrier	17 x 17
Poinçon	17 x 17	Contrefiche	11 x 11
Faîtage	15 x 15	Échantignole	11 x 11
Panne	17 x 17		

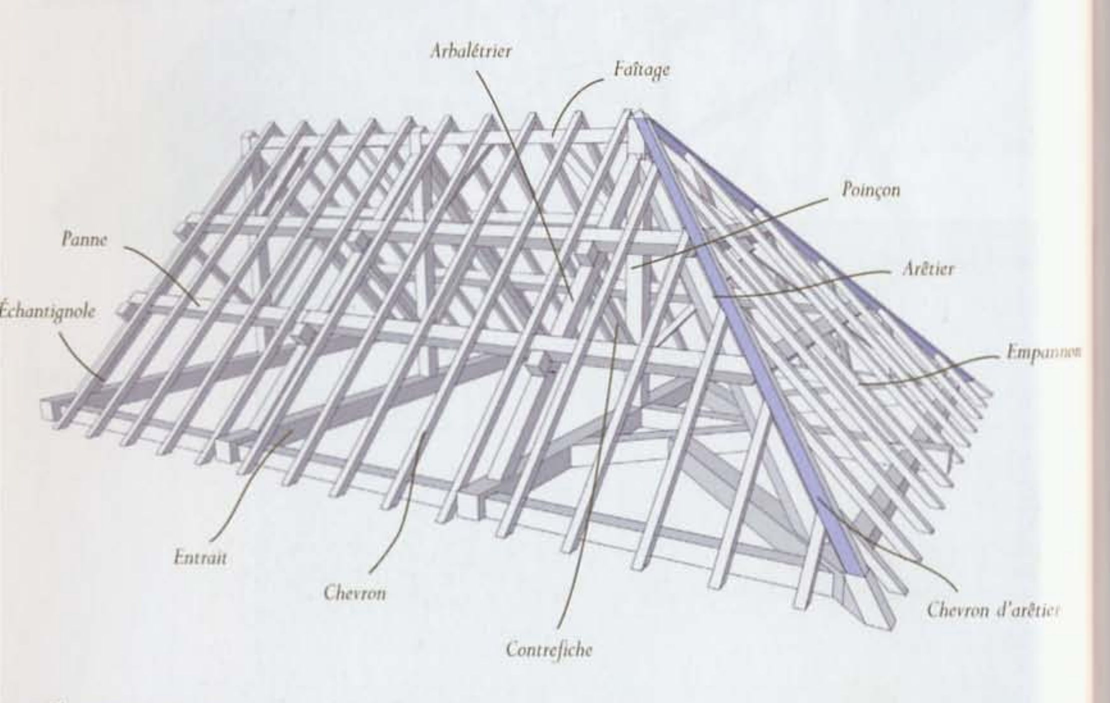
Jambe de force	17 x 17
Blochet	17 x 17
Sous-faîtage	13 x 13
Potelet, lien de faîtage et aisselier	11 x 11
Poutre	25 x 25

Portée de mur à mur	6,50 m	Chevron	8 x 8
Espacement des travées	3 m	Liteau	18 x 40 (sapin)
Espacement des chevrons	0,4 m		
Espacement des liteaux	0,011 m		
Pente de toit	45°		

La charpente à croupe

Toute toiture présentant 3 ou 4 versants nécessite la présence de 1 ou 2 croupes dont le traitement est particulier. Ces aménagements se rencontrent donc avant tout sur des maisons de propriétaires aisés. Mais certaines régions ont développé les charpentes à croupe de manière prioritaire, voire exclusive.

La croupe est un élément de charpente permettant de terminer de manière élégante (et coûteuse !) une toiture. Elle a également pour fonction de réduire la hauteur d'une maçonnerie de pignon, ainsi moins soumis aux intempéries.



Charpente à croupe.
Exemple d'arêtiers sur tasseaux. Les chevrons d'arêtiers sont à dévers.
Intérêt : les empannons ont une coupe d'équerre et d'alignement.

Entrait	22 x 22	Contrefiche	11 x 11
Poinçon	20 x 20	Échantignole	11 x 11
Faîtage	15 x 15	Empannon	8 x 8
Panne	17 x 17	Chevron	8 x 8
Arbalétrier	17 x 17	Chevron d'arêtier chanlatté	8 x 16
Arêtier	17 x 17	Liteau	18 x 40 (sapin)

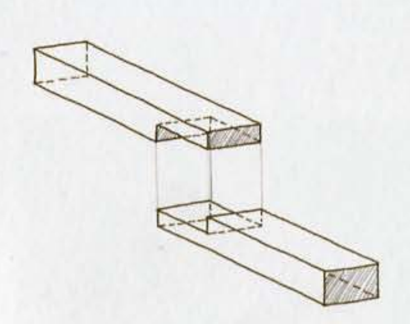
Portée de mur à mur	6,50 m
Espacement des travées	3 m
Espacement des chevrons	0,4 m
Espacement des liteaux	0,011 m
Pente de toit	45°



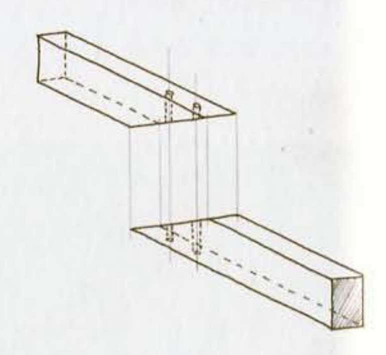
Les assemblages

Jusqu'au XIX[e] siècle, la totalité des pièces de bois d'une charpente s'assemble à tenon et mortaise bloqués par des chevilles de bois. À partir de cette époque, on voit apparaître des pièces moisées et des attelles métalliques (que les charpentiers puristes récusent habituellement).

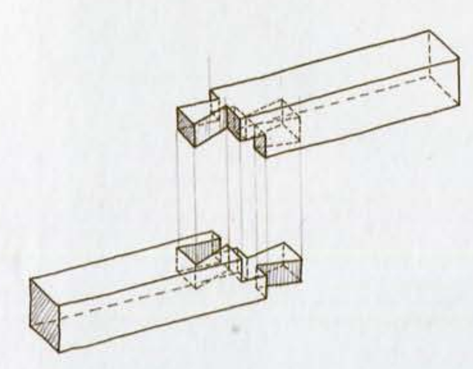
Les assemblages sont le moyen infaillible de solidariser deux pièces de bois, quel que soit le plan dans lequel chacune d'elles se trouve. Le principe de l'assemblage repose sur la pénétration d'une pièce par l'autre (par tenon et mortaise) ou par leur superposition longitudinale ou verticale (par enture), avec, dans tous les cas, blocage par des chevilles.



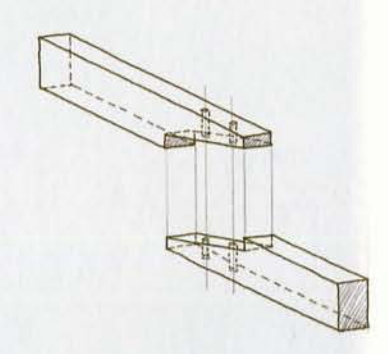
Enture à mi-bois.



Enture en sifflet.

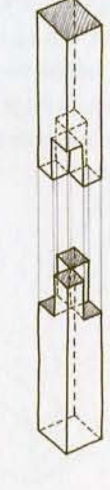


Double queue d'aronde en long (principalement pour les sablières de tours rondes).

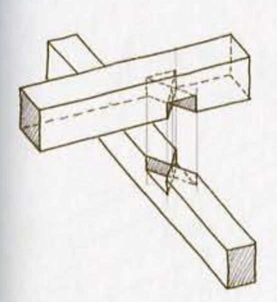


Enture en sifflet désabouté (principalement pour les faîtages et les sablières contreventés).

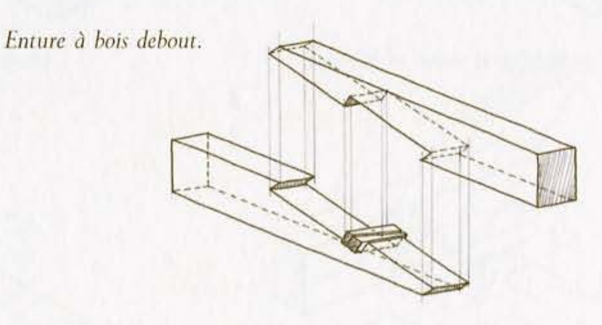
En fonction de l'emplacement des pièces assemblées dans la charpente et des forces auxquelles elles sont soumises, le charpentier choisit le type d'assemblage, du plus simple au plus sophistiqué.



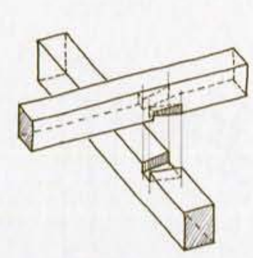
Enture à bois debout.



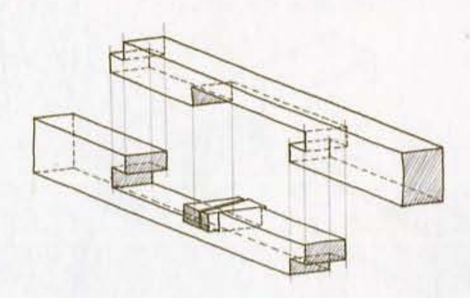
Assemblage en croix.



Trait de Jupiter.

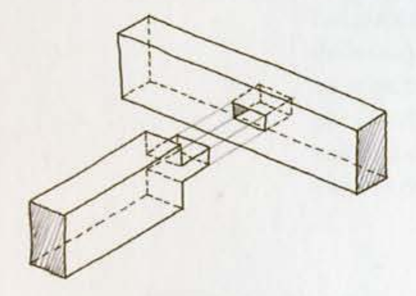


Queue d'aronde en assemblage superposé.

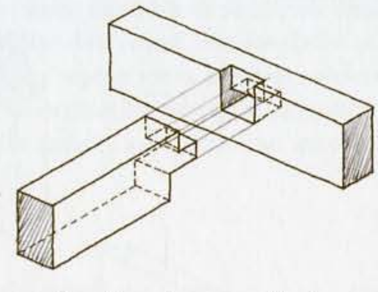


Trait de Jupiter parallèle.

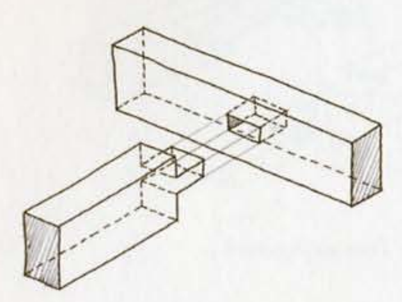
On reconnaît en grande partie la compétence d'un charpentier à sa capacité à réaliser des assemblages complexes et efficaces. Par comparaison avec ce raffinement, certains portent un regard négatif sur les moises et le boulonnage, considérés comme inélégants (voire indignes) même si, dans certains cas d'urgence ou de faibles moyens, ils peuvent s'avérer utiles.



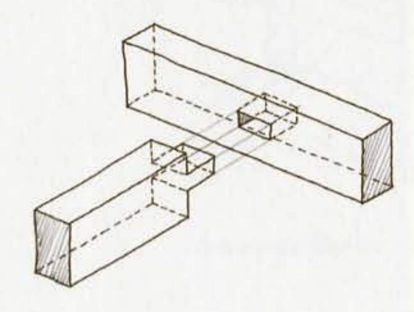
Assemblage à tenon et mortaise.



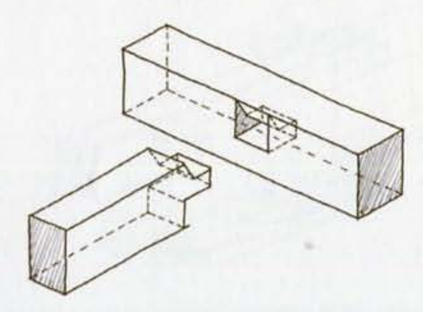
Assemblage à tenon renforcé.



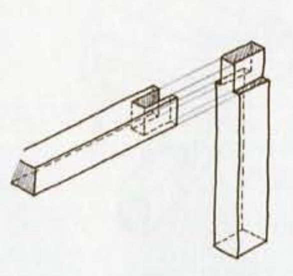
Assemblage à paume grasse à repos.



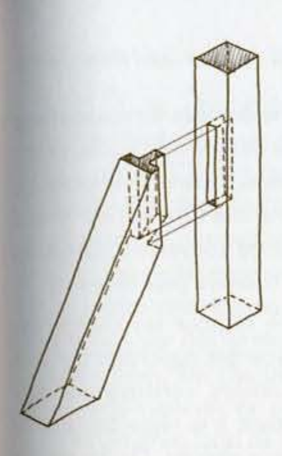
Mors d'âne à paume grasse.



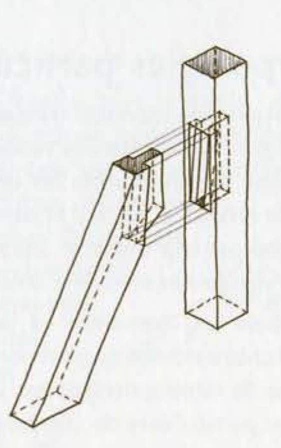
Mors d'âne à tenon renforcé.



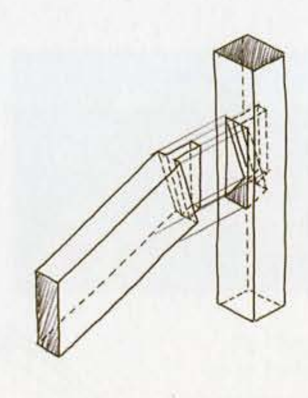
Assemblage à enfourchement.



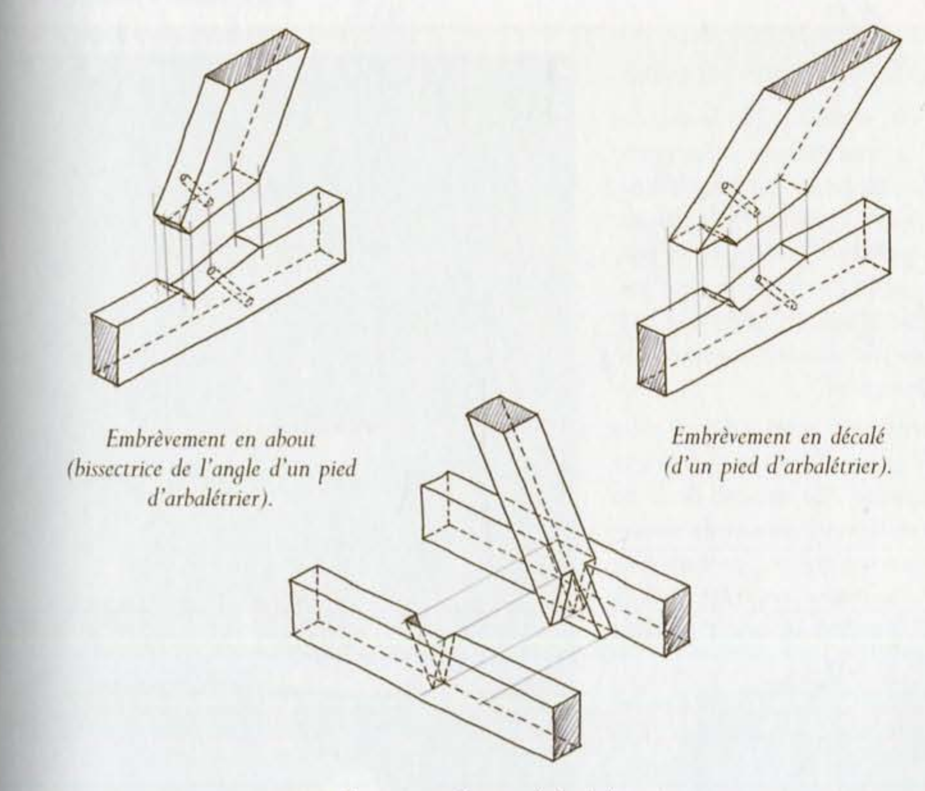
Assemblage oblique à tenon et mortaise simple.



Assemblage oblique à tenon et mortaise et embrèvement en about.



Assemblage oblique à tenon et mortaise et embrèvement en gorge.



Embrèvement en about (bissectrice de l'angle d'un pied d'arbalétrier).

Embrèvement en décalé (d'un pied d'arbalétrier).

Moisement (d'un pied d'arbalétrier).

Typologies particulières

L'histoire des provinces françaises, nourrie des flux de populations d'origine ethnoculturelle variée, a imposé des formes de charpente parfois très différentes les unes des autres, même si le principe reste invariable. Ainsi, si le paysage régional des toits est avant tout donné par leur pente et leurs matériaux de couverture, la nature des charpentes intervient aussi, mais de manière plus discrète.

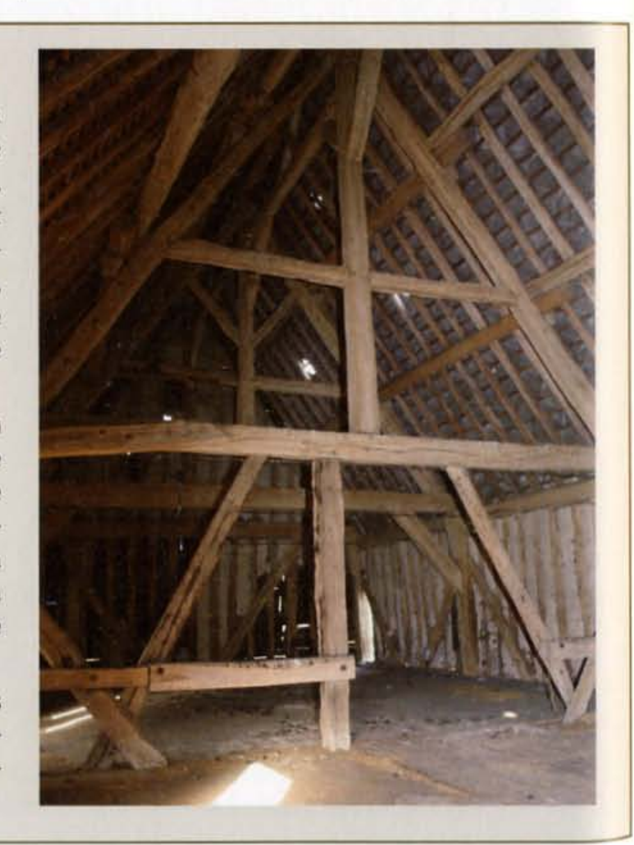
Ni pour les charpentes «à la Philibert», ni pour les charpentes «à la Mansard» on ne peut parler de charpentes régionales car leur zone de développement est large. Par ailleurs, certaines conceptions particulières de charpentes échappant à la règle dominante s'expriment fortement au sein de certaines régions. On en déduit souvent, généralement à tort, qu'il s'agit là de formes «régionales» de charpente.

Le pourquoi des disparités régionales

La charpente contribue à donner sa spécificité à une bâtisse. Charpente «à cruck», charpente «à chandelle», charpente «à la Philibert» s'inscrivent dans des contextes historiques et géographiques particuliers. On ne peut pas, de la même manière, confondre une charpente de toit alsacien et celle d'une maison provençale!

Une charpente est aussi l'œuvre d'un charpentier qui l'a réalisée à la suite d'une commande. Elle dépend donc de la volonté, de la «culture» et du savoir-faire des hommes qui ont présidé à sa création. Ainsi, même en étant dans la forme la plus commune, une charpente est toujours singulière...

Même de ferme à ferme, des différences peuvent apparaitre, expliquées par l'histoire, l'usage des bâtiments, les modifications qu'ils ont subies.



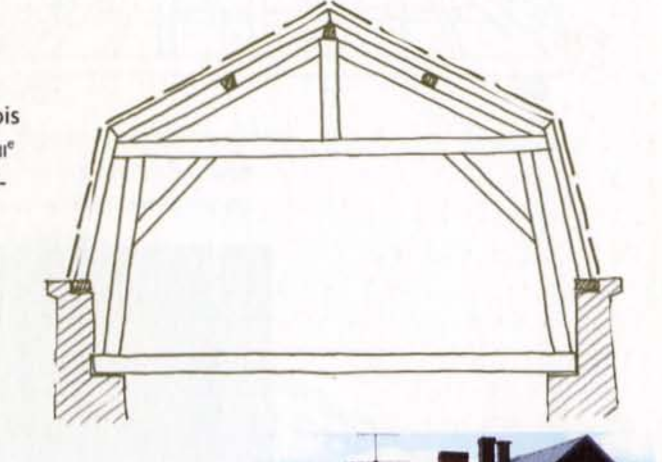
Charpentes «à la Philibert»

Il s'agit d'une charpente de conception très originale, dont la paternité est attribuée à Philibert de l'Orme, ingénieur architecte du XVIe siècle. Il décrit précisément, dans son ouvrage *Nouvelles inventions pour bien bastir et à petits fraiz*, une technique de charpente permettant d'optimiser l'usage des combles. Aux arbalétriers des fermes classiques il substitue des assemblages de cerces courbes, maintenues par des liernes passées dans des mortaises. De charpentes faites de poutres massives, on passe ainsi à une charpente faite de lamelles de bois. Une concentration toute particulière de ces charpentes «à la Philibert» existe dans la vallée du Lot en Aveyron et donne aux toits de la région une forme caractéristique.

La charpente «à la Philibert» est rigoureusement transcrite dans cette toiture aveyronnaise.

Charpentes «à la Mansard»

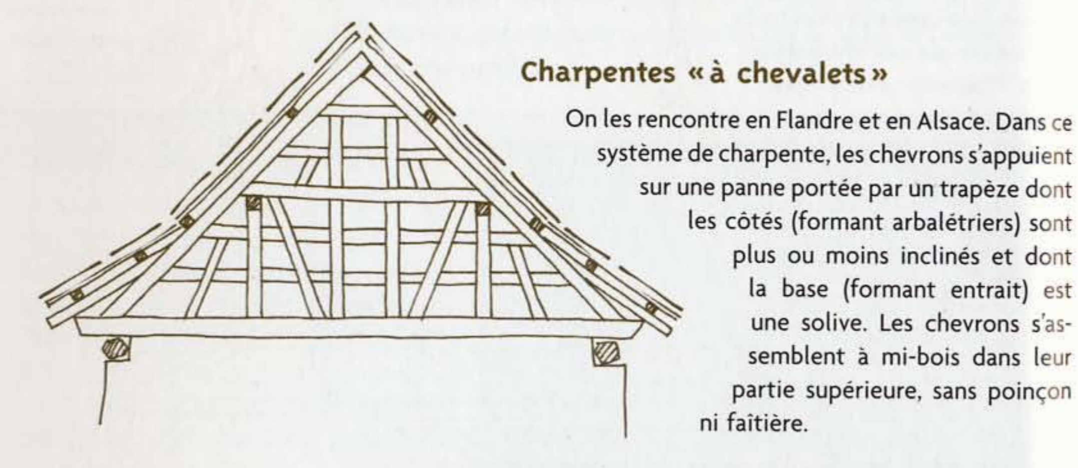
Son invention est attribuée à François Mansard (ou Mansart), architecte du XVIIe siècle, bien qu'il soit admis que son initiateur fut, au XVe siècle, Pierre Lescot, qui l'appliqua au Louvre. Le «comble brisé», où une charpente à fermes triangulaires de faible pente repose sur une autre de forme trapézoïdale aux côtés abrupts, est rapidement vulgarisé car il résout les problèmes d'aménagement des greniers. Dans le langage populaire, on parle aujourd'hui de «mansardes» pour désigner des combles habités.



L'usage d'une charpente «à la Mansard» a permis l'utilisation optimale du volume des combles de cette maison normande.

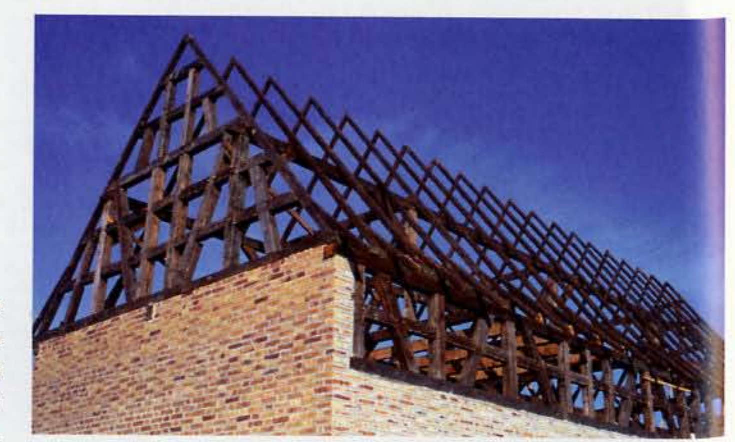
Charpentes « à chandelles »

Elles caractérisent les maisons des régions savoyardes aux toits couverts de lauzes, notamment la Tarentaise. Dans ces charpentes, les pannes sont portées par des poteaux appelés « chandelles » qui s'appuient sur un entrait et sont contreventés par des décharges formant de faux arbalétriers.



Charpentes « à chevalets »

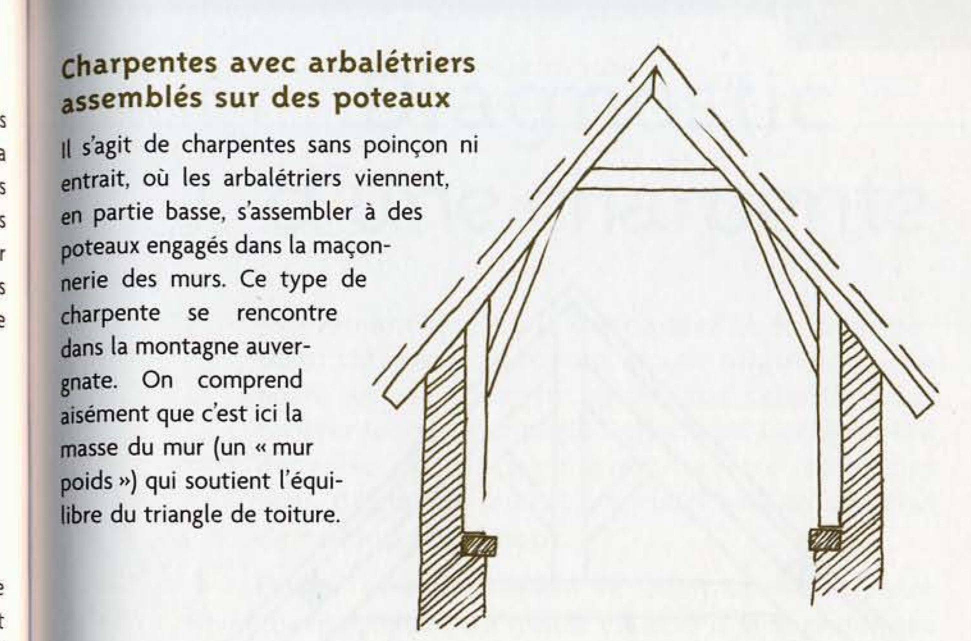
On les rencontre en Flandre et en Alsace. Dans ce système de charpente, les chevrons s'appuient sur une panne portée par un trapèze dont les côtés (formant arbalétriers) sont plus ou moins inclinés et dont la base (formant entrait) est une solive. Les chevrons s'assemblent à mi-bois dans leur partie supérieure, sans poinçon ni faîtière.



Le principe de la charpente « à chevalets » est parfaitement visible sur cette maison alsacienne en cours de restauration.

Charpentes avec arbalétriers assemblés sur des poteaux

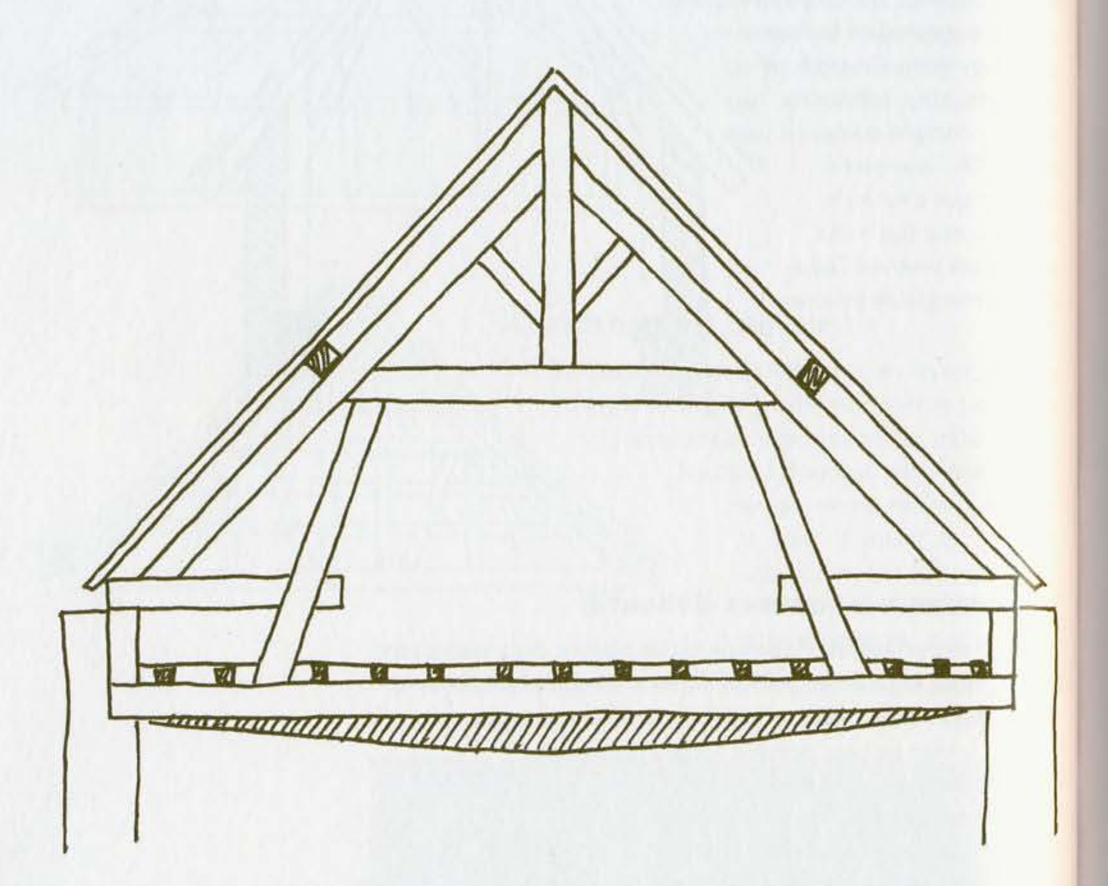
Il s'agit de charpentes sans poinçon ni entrait, où les arbalétriers viennent, en partie basse, s'assembler à des poteaux engagés dans la maçonnerie des murs. Ce type de charpente se rencontre dans la montagne auvergnate. On comprend aisément que c'est ici la masse du mur (un « mur poids ») qui soutient l'équilibre du triangle de toiture.



Charpentes « à hommes debout »

Elles sont très présentes en Lorraine, où les pignons des maisons sont de très grande largeur. Des poteaux de forte section (dits « hommes debout ») portent les pannes. Selon les cas, un unique poteau porte la panne faîtière ou deux poteaux portent les pannes intermédiaires ou encore « trois hommes debout » sont présents. Les têtes d'arbalétrier sont solidement assemblées aux poteaux à tenon et mortaise, chevillées voire, pour plus de solidité, à tenon passant avec clé.







Diagnostic d'une charpente

Maintenant que vous connaissez le fonctionnement de votre charpente et son originalité, une autre lecture s'impose, technique celle-là, pour repérer les désordres qui l'affectent. La charpente de votre maison peut avoir traversé les siècles sans dommage et tout à coup révéler un état de santé préoccupant.

Établir périodiquement le bilan santé de votre charpente (ou du moins exercer une surveillance ponctuelle) est donc essentiel pour déjouer tous les pièges possibles.

Tout d'abord ceux liés à l'humidité, qui détériore l'about des pièces de bois. Le bois pourri devient alors le terreau des champignons lignivores et une réserve de nourriture pour les insectes xylophages.

Ceux, aussi, provoqués par la dégradation des maçonneries porteuses, ou encore par des modifications inopinées du système de couverture.

Ceux, enfin, découlant d'interventions hasardeuses sur la structure même de la charpente et dont les effets se révèlent parfois longtemps après !

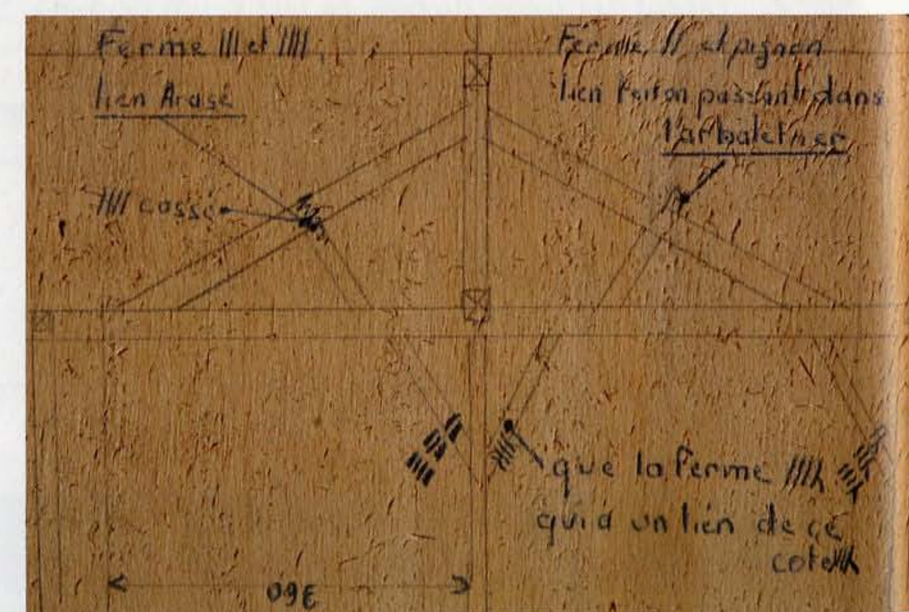
Le relevé de charpente

Le relevé de charpente n'est indispensable que dans la perspective d'une réparation ou d'une modification. Dans le premier cas, on se contente de relever la seule ferme sur laquelle on intervient. Dans le deuxième, on a tout intérêt à procéder à un relevé complet, car les fermes peuvent varier de formes et de dimensions.

L'établissement d'un relevé complet (à l'échelle de 1 cm par mètre) est une opération délicate, qui va de pair avec une analyse historique et un diagnostic technique. Le croquis de relevé comporte ainsi des notes concernant l'état des pièces de bois et parfois même le schéma préparatoire des reprises à effectuer. On utilise aujourd'hui systématiquement la photo numérique en accompagnement de tels relevés.

Le relevé d'une ferme

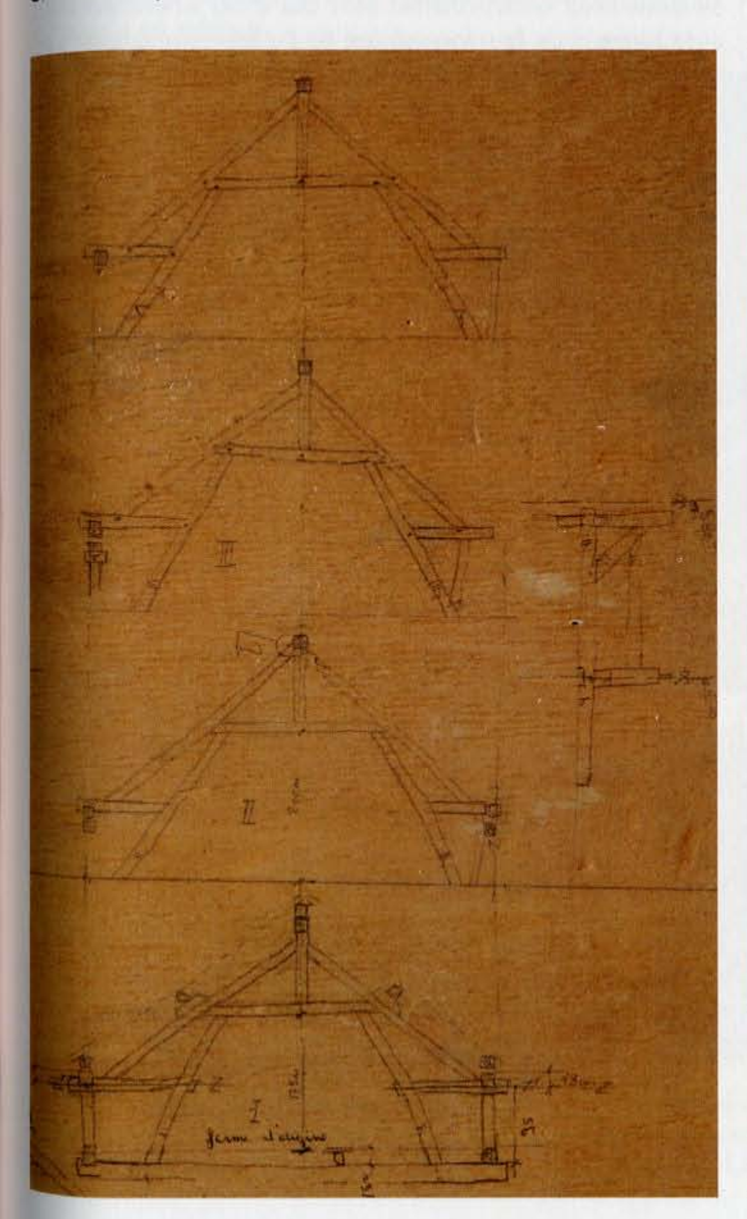
Très souvent le charpentier appelé par un propriétaire n'aura à intervenir que sur une ferme de la charpente et non sur la totalité de l'ouvrage. Le relevé de celle-ci permet de déterminer précisément l'emplacement des désordres affectant tel ou tel de ses éléments.



Relevé-diagnostic d'une ferme sur contreplaqué.

Le relevé d'une charpente

Partant du principe qu'une charpente présente des différences de ferme à ferme, un relevé global est toujours nécessaire quand on veut comprendre son histoire et son fonctionnement.



Relevé complet d'une charpente sur contreplaqué.

La mixité des bois dans une charpente

Il est courant de voir utiliser des essences différentes au sein d'une même charpente. En Champagne, notamment, les poinçons, pannes faîtières et blochets sont en **chêne** alors que les autres éléments peuvent être en **peuplier**.

Les chevilles des assemblages sont parfois, de la même manière, en **chêne** ou en **frêne** (bois souple et nerveux) même si, dans la pratique, on préférait à ces bois l'**acacia**, beaucoup plus résistant.

Le lattis portant la couverture peut, quant à lui, être fait de différents bois, le **sapin** très souvent (car l'arbre est facilement débitable), mais aussi le **chêne** ou le **châtaignier**.

La lecture des désordres

Constater les effets et remonter jusqu'aux causes : tel est le principe de lecture des désordres d'une charpente. Rupture, fléchissement, désarticulation sont dus à des événements qui sont toujours de la responsabilité de l'usager : manque de surveillance, inconscience ou incompétence.

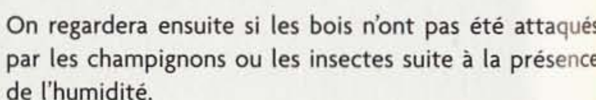
Les zones sensibles

La vérification de l'état d'une charpente doit toujours commencer par l'examen des pénétrations, qui sont des points fragiles : raccord du toit avec les souches, avec les jouées des lucarnes, avec les rives, ligne de faîtage, poinçon dépassant coiffé d'un épi[3].

3. Dans les châteaux et les grandes demeures bourgeoises, le principal dommage intervient souvent au niveau des poinçons d'épis.

La dégradation des solins (de chaux ou de plâtre) qui protègent ces endroits sensibles entraîne en effet des zones d'humidité stagnante ou des ruissellements sur les éléments de la charpente sous-jacente.

On vérifiera aussi les noues des lucarnes et les appuis des sablières sur les murs.



On regardera ensuite si les bois n'ont pas été attaqués par les champignons ou les insectes suite à la présence de l'humidité.



Dans une toiture à deux pans, il s'agit de protéger de l'action directe de l'humidité la charpente apparente ; dans le cas d'une croupe, c'est le solin des arêtiers qui est surveillé.





Le raccordement d'une toiture aux surfaces verticales que sont souches de cheminée ou jouées de lucarne est une zone particulièrement fragile.

L'encastrement des bois dans les maçonneries

Avant le milieu du XVI[e] siècle, on n'encastrait pas les bois dans les maçonneries mais on les faisait porter sur le mur, avec ou sans corbeaux. Un bois aéré n'est jamais ruiné par les insectes même s'il est dégradé.

Le confinement d'un élément de charpente dans une maçonnerie conduit inévitablement à sa dégradation à plus ou moins longue échéance. Car son about, en contact direct avec la maçonnerie par laquelle transite l'humidité, est rapidement attaqué par les champignons, qui ouvrent la voie aux insectes xylophages.

Pour éviter ce désordre majeur, on faisait porter dans la tradition toute poutre horizontale soit par un ressaut dans la maçonnerie, soit par des corbeaux ou des consoles.

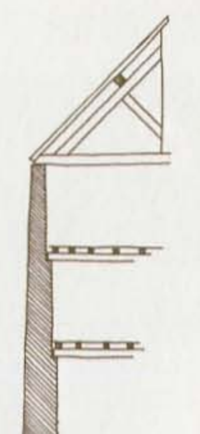


Une probable dégradation de l'extrémité de cet entrait, prise dans une maçonnerie qui l'empêche de respirer, met à terme en danger la stabilité de la ferme.

Une solution plus simple consiste à ménager entre la poutre et la maçonnerie un espace de ventilation grâce à des tuileaux d'argile cuite ou des ardoises.



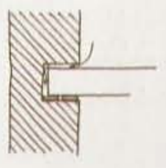
Dans cette restauration, on a pris le parti de faire porter la poutre par un corbeau de pierre engagé dans la maçonnerie du mur.



Pièce de bois sur repos



Pièce de bois encastrée sans lame d'air



Pièce de bois ventilée

Deux causes courantes de désordres

Constater la présence de désordres dans la charpente ne suffit pas à définir les travaux de remise en état. Il faut tout d'abord trouver l'origine du désordre, parfois très éloignée de l'endroit où il se manifeste.



Le pourrissement de l'extrémité inférieure de cette jambe de force assemblée à l'entrait bas semble indiquer un désordre de toiture avec cheminement de l'eau le long des bois.

■ Une humidité stagnante

Un élément de couverture déplacé peut ainsi, par la gouttière qu'il engendre et par le ruissellement de l'eau le long d'un poinçon, occasionner le pourrissement de l'assemblage qui lie cette pièce à l'entrait.

Si, dans un premier temps, l'humidité stagnante ne fait que permettre le développement d'un lichen un peu gras, sans conséquence pour le bois, sa persistance engendrera rapidement une association champignons/insectes qui lui est fatale. Le non-entretien de la charpente ainsi dégradée peut entraîner, à terme, l'effondrement de toute la travée.



■ Une faiblesse structurelle

La connaissance des façons de charpenter selon les époques de construction aide à la lecture des désordres. Le temps révèle parfois des faiblesses structurelles.

Ainsi, l'absence de faîtage et de contreventement dans les charpentes des XIIe et XIIIe siècles a conduit les charpentiers du XVIe siècle à reprendre ces ouvrages. Ils les ont contreventés par le faîtage et le sous-faîtage en y ajoutant liens et croix de Saint-André pour remédier au déversement des chevrons formant fermes.

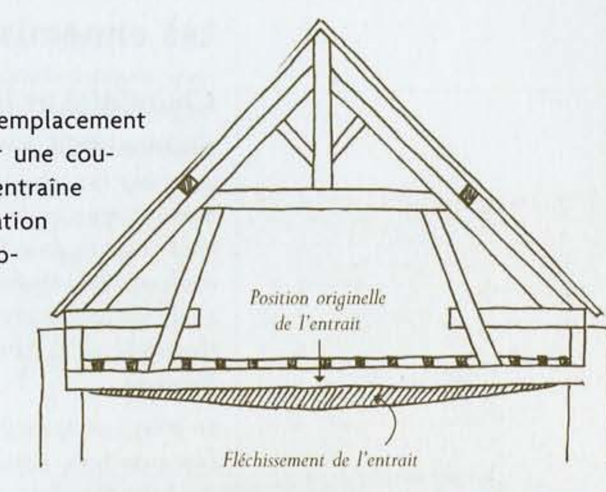


Un contreventement insuffisant, une mauvaise évaluation de la résistance des bois utilisés par rapport aux efforts qui les sollicitent ont conduit au déversement de la charpente, avec arrachement des pièces qui la constituent.

Deux désordres courants

■ Le fléchissement des pièces de bois

Il peut être dû, par exemple, au remplacement d'une couverture d'origine en chaume par une couverture de tuiles plus lourde, ce qui entraîne le fléchissement des pannes et la déformation de la toiture. Cette déformation est acceptable ; à la rigueur, elle donne à l'ouvrage un caractère particulier et incite à préserver son histoire. Mais il arrive aussi que des charges trop importantes entraînent la déformation des arbalétriers.



Un autre désordre courant est celui du fléchissement des entraits supportant des planchers de combles trop chargés. Il conduit cependant rarement à la rupture des pièces.

■ La désolidarisation des assemblages

Tenons, mortaises, entures, queues d'aronde, traits de Jupiter... Tous ces assemblages ont la même solidité s'ils sont adaptés à l'effort qui leur est soumis. La désolidarisation peut être due à une mauvaise conception ou à une dislocation accidentelle (choc, glissement de terrain, effort imposé exceptionnel).



Le fléchissement important du sous-faîtage n'a pas entraîné sa rupture mais a provoqué la dislocation de l'assemblage dans le poinçon de la ferme, à gauche.

> *Les renforts métalliques dans la charpente*
>
> Nombreuses sont les charpentes où apparaissent des pièces métalliques renforçant des assemblages déficients. Différents types de ferrure sont utilisés. L'étrier est la plus fréquente. On trouve par ailleurs des équerres, à plat sur faces d'assemblage ou sur faces d'épaisseur, des goussets ou encore des brides. Toutes ces pièces sont boulonnées.
>
> Même si on peut contester leur qualité esthétique, elles ont permis de sauver des charpentes de la ruine en faisant l'économie d'interventions plus lourdes.

Les ennemis de la charpente

L'humidité et les attaques des insectes

Selon leur nature, la manière dont ils ont été préparés, les contraintes qu'on leur fait subir, les bois d'une charpente résistent plus ou moins bien aux attaques de « prédateurs » impitoyables. Mais le responsable initial, c'est toujours l'humidité stagnante ! Le bois étant particulièrement sensible à l'humidité s'il a été abattu à la mauvaise période (c'est-à-dire en montée et non en descente de sève ![4]), il est prudent de se renseigner sur la date d'abattage des arbres avant toute commande de pièces.

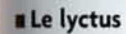
4. Voir chap. I, p. 18.

En effet, une humidité qui imprègne de manière permanente une pièce de bois, notamment dans ses abouts et les assemblages qui la lient à d'autres pièces, décompose, sous l'effet des champignons, la matière ligneuse. Le bois, devenu spongieux, peut alors être facilement attaqué par les insectes xylophages.



La présence d'insectes dans le bois se repère tout d'abord aux trous d'entrée et de sortie et à la sciure issue de leur cheminement dans le bois.

Ces derniers ne présentent cependant pas le même danger pour tous les bois et leur vie dans les poutres ne se manifeste pas de la même manière selon qu'il s'agit de vrillettes, de capricornes, de lyctus ou de termites.



Il s'agit, pour la plupart d'entre eux, d'insectes dont l'essentiel de la vie se passe sous forme larvaire, la durée de vie de l'insecte parfait étant toujours très courte (quelques semaines) et occupée exclusivement par la reproduction. En dehors du termite, seule la larve est active dans la destruction du bois (qui la nourrit). Les seules traces extérieures laissées par ces insectes sont les orifices de sortie de l'adulte.

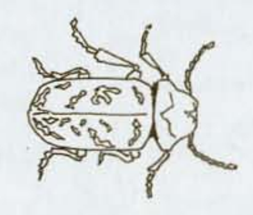
Les insectes xylophages

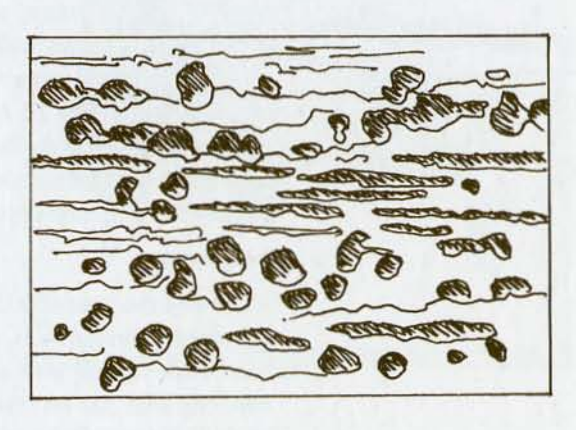
■ La petite vrillette

Elle attaque aussi bien les feuillus que les résineux. L'insecte adulte, de couleur brune, bien reconnaissable à son capuchon sur la tête, vit 3 à 4 semaines. Sa larve va, selon le contexte de chaleur et d'humidité ambiantes, passer 2 à 4 ans à creuser des galeries circulaires. À sa sortie, l'insecte parfait laisse un trou rond de 1 à 3 mm.

■ La grosse vrillette

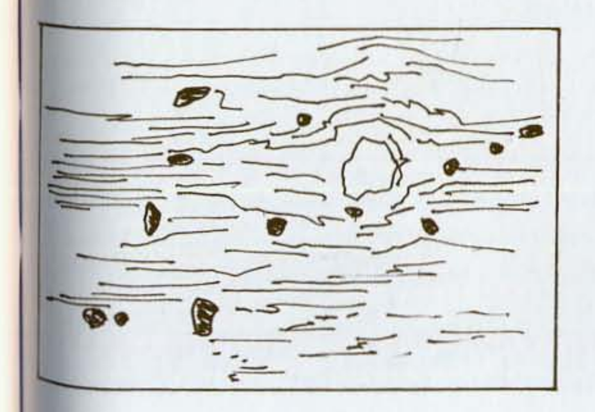
Hormis la taille, elle présente les mêmes caractéristiques que la petite vrillette, mais sa durée de vie adulte est plus longue (de 8 à 10 semaines). Lorsqu'il creuse vers la sortie, l'insecte parfait émet un bruit répété (dit « horloge de la mort ») qui attire l'attention de son futur partenaire sexuel. La ponte se fait dans les fentes, fissures et dégradations du bois, voire dans d'anciennes galeries. Seul un bois dégradé par les champignons permet le développement de la larve, qui vit de 1 à 10 ans. En principe, seul l'aubier est attaqué sauf si le bois en œuvre est soumis à une humidité stagnante. Les trous, de forme ronde, ont de 2 à 4 mm, les galeries étant parallèles aux fibres du bois.

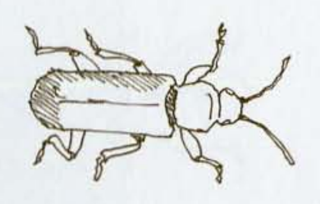


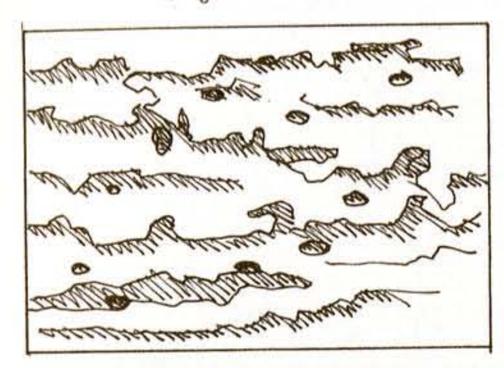


■ Le lyctus

Il attaque exclusivement les feuillus. De couleur brune, l'insecte parfait vit de 5 à 6 semaines. Muni d'une tarière, il pond directement dans le bois. La larve vit de 1 à 2 ans et creuse des galeries très sinueuses. Les trous de sortie, de forme ronde, font de 1 à 2 mm.







■ **Le capricorne «des maisons»**

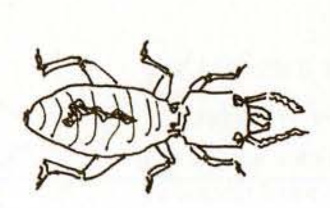
Il attaque l'aubier des bois résineux. De couleur brune ou noire, l'insecte parfait vit de 15 jours à 3 semaines. Il pond dans les fentes et les fissures du bois. Sa larve, qui peut mesurer jusqu'à 25 mm, vit entre 3 et 10 ans. En creusant les galeries (dans la couche externe du bois en œuvre), elle émet un bruit saccadé. Les trous de sortie, de forme ovale, sont tangents à la surface du bois et mesurent entre 6 et 10 mm.

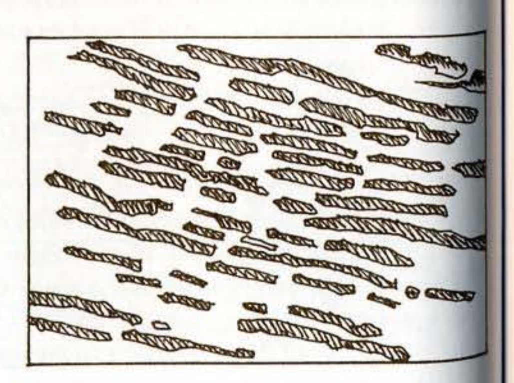
■ **L'hespérophane ou «capricorne du chêne»**

Voisin du capricorne des maisons (de couleur rouge, avec des marbrures), il attaque l'aubier des feuillus, notamment le chêne. Il vit entre 2 et 3 semaines et sa larve (qui peut atteindre 30 mm) de 2 à 6 ans. Les galeries, plus larges que celles du capricorne, sont de forme ovale et présentent de nombreuses ramifications. Les trous de sortie sont identiques à ceux du capricorne, mais plus larges (de 8 à 13 mm).

■ **Le termite**

À l'inverse des précédents, cet insecte vit en colonies constituées de castes : reproducteurs, soldats, ouvriers. Seuls ces derniers (dans leur forme adulte) attaquent des bois (feuillus comme résineux) déjà dégradés par les champignons. La termitière, toujours extérieure à la zone de nourriture, est reliée à cette dernière par des galeries maçonnées ou par des parcours empruntant les interstices dans la structure de la maison. C'est, de loin, le plus ravageur des insectes xylophages.

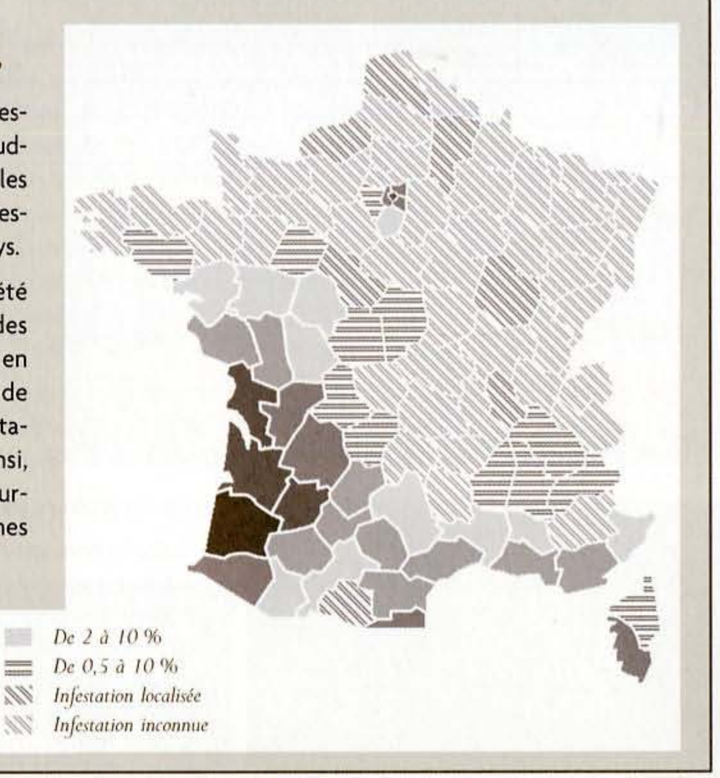




La lutte contre les termites en France

Depuis une zone d'infestation située dans le sud-ouest de la France, les termites gagnent progressivement le reste du pays.

La carte ci-contre a été dressée en fonction des déclarations (faites en mairie) de présence de termites dans les habitations. Elle exprime ainsi, par département, le pourcentage de communes touchées.



Le diagnostic termites

Le diagnostic termites est obligatoire, par arrêté préfectoral, depuis la loi du 8 juin 1999 pour tout propriétaire désireux de vendre son bien situé dans les zones contaminées. Si la présence de termites est avérée, il devra, après avoir fait sa déclaration en mairie, consulter les entreprises spécialisées qui lui proposeront un traitement chimique ou un traitement par pièges-appâts.

Certains départements particulièrement touchés attribuent des aides financières pour inciter les propriétaires à éradiquer les termites et lutter ainsi contre la propagation de ce fléau.

Il convient donc de se renseigner si l'on est confronté à l'attaque des termites.

Les champignons lignivores

On ne le dira jamais assez: ce sont les champignons lignivores qui préparent l'attaque du bois par les insectes xylophages, et c'est l'humidité permanente et une atmosphère confinée qui favorisent leur développement. Si l'on n'y prend garde, le développement des champignons est très rapide et pernicieux, car leurs ramifications s'insinuent dans le moindre recoin. Les spores de ces champignons, présents dans l'atmosphère, se fixent sur les bois lorsque les conditions leur sont favorables. Ils germent alors et le mycélium se développe en surface et en épaisseur. La fructification entraine la colonisation rapide des bois présents.

Parmi les champignons lignivores, deux se distinguent pour leur préférence pour les bois en œuvre dans les maisons et pour leur dangerosité : le coniophore et le mérule.



©EXPAR-BREST

Le coniophore des caves

Malgré le nom qui lui est donné, les caves ne sont pas son seul terrain d'exercice. Mais il est vrai qu'il s'épanouit dans les lieux obscurs, mal aérés et, bien sûr, très humides. Le mycélium est jaune pâle puis brun. Il s'attaque aux feuillus comme aux résineux.



©EXPAR-BREST

Le développement végétatif

Dans une première phase, le champignon originel développe des cordons mycéliens, ramifiés entre eux en toile d'araignée, et qui se propagent, colonisant un territoire de plus en plus large.

Ci-dessus, filaments du coniophore, à droite, ceux du mérule.

Le (ou la) mérule

Ce champignon est le plus connu, le plus vivace et le plus présent dans les maisons. Il attaque prioritairement les résineux. Le mycélium se répand très rapidement en un matelas épais dont la couleur, blanche au départ, évolue au fil du temps. Le bois attaqué par le mérule se fragmente de manière caractéristique.



La pièce de bois attaquée par le mérule se désagrège sous la forme d'une « pourriture cubique » caractéristique.



©EXPAR-BREST



©EXPAR-BREST

La fructification

Dans un second temps, intervient la phase de fructification qui, selon les espèces de champignons, prend des formes variées. Pour le mérule, il s'agit d'une masse spongieuse frangée de blanc évoquant les champignons des sous-bois. Le coniophore, quant à lui, se propage sous forme d'une pellicule brune, bordée aussi de blanc.



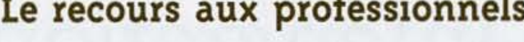
Intervention sur une charpente

Selon les conclusions du diagnostic structurel, il faut intervenir, de manière plus ou moins urgente, ponctuellement ou sur l'ensemble de la toiture.

Les réparations ne peuvent, dans la plupart des cas, être menées qu'en faisant appel à des professionnels compétents. De même on ne peut entamer seul des travaux de modification de la charpente (dans le cadre de l'aménagement des combles, par exemple) sans soumettre son projet à l'expertise d'un charpentier.

La plupart des interventions sur une charpente sont longues et coûteuses, car on doit souvent procéder à la dépose de la couverture. Il faut donc bien maîtriser le projet, en connaître les modalités particulières, faire établir les devis appropriés et rechercher les entreprises les plus qualifiées pour mener le chantier avant de se lancer dans l'aventure.

Et toujours se poser la question de savoir quelles seront les répercussions de ces travaux sur l'esthétique de la charpente, si l'on tient à ce qu'elle reste visible.



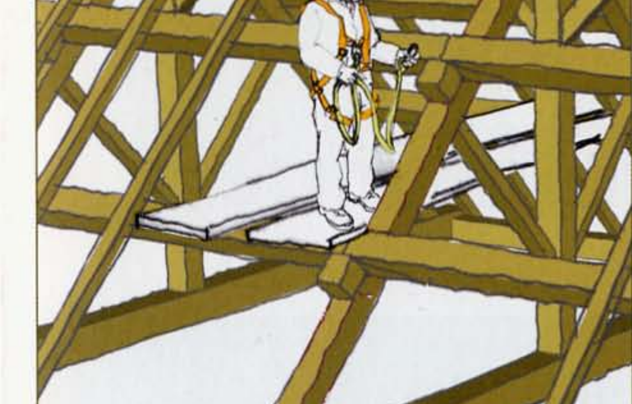
Le recours aux professionnels

Faire l'économie d'un charpentier pour établir le diagnostic de la charpente ou d'un architecte pour l'aménagement des combles est un mauvais calcul. À plus ou moins long terme, on s'apercevra que l'existence de pathologies graves affectant la charpente ou la difficulté d'usage des espaces sous toiture coûtent finalement bien plus cher.

À l'inverse, l'expertise de la charpente par un professionnel peut permettre de relativiser l'importance de dégradations qui sembleraient fatales à un novice. Par exemple, un entrait de section 30 / 30 soumis à une humidité stagnante mettra 80 ou 100 ans à pourrir s'il est en chêne, alors qu'il sera irrémédiablement détérioré en 20 ou 30 ans (voire avant !) s'il est en peuplier !

Préparation du chantier

Tout chantier d'intervention sur une charpente passe par le respect de la sécurité des artisans qui y travailleront. Les règles sont aujourd'hui strictes. Ne pas les respecter expose l'entreprise à de graves problèmes en cas de contrôle de l'inspection du travail ou d'accident.



Aménager un chantier sur charpente consiste tout d'abord à prévoir le plancher (reposant sur les pannes de la charpente) où évolueront les charpentiers, qui doit être suffisamment large et stable. Il faut ensuite installer une « ligne de vie », c'est-à-dire un filin métallique fixé entre des éléments en bon état (maçonnerie de pignon, fermes de charpente), où s'accrocheront les harnais des ouvriers.

L'étaiement des parties de charpente où se situe l'intervention est, bien sûr, un autre préalable important. Toute déficience de l'une ou l'autre de ces installations fait courir des dangers aux hommes, aux matériels et à la structure elle-même.

Coût et durée des interventions

Dans le devis préalable à toute commande de travaux doivent apparaître, outre le coût de chacune des interventions programmées, leur durée, les travaux préparatoires au chantier (dépose de couverture, intervention sur les structures en place) et l'obligation ou non pour le résident de libérer tout ou partie de l'édifice.

La pièce contractuelle précise, en dernier lieu, les dates de commencement et de fin de travaux, qui doivent tenir compte des contraintes climatiques locales : on ne peut laisser une maison avec une toiture éventrée pendant plusieurs mois sous prétexte qu'il faut attendre le retour des beaux jours !

Type d'intervention	Durée de l'intervention	Coût HT de l'intervention
Diagnostic	2 h	300 €
Relevé	4 h	500 €
Remplacer un arbalétrier	2 jours	1 120 €
Restaurer un arbalétrier	1 jour	640 €
Remplacer un entrait	3 jours	1 680 €
Restaurer un entrait	1 jour	560 €
Remplacer un poinçon	3 jours	1 680 €
Restaurer un poinçon	3 jours	1 680 €
Remplacer une panne intermédiaire	1 jour	640 €
Supprimer une croupe pour en faire un pignon	1 mois	7 000 €
Extension longitudinale sur 2 travées (6 mètres linéaires)	15 jours	4 000 €
Extension orthogonale sur 2 travées (6 mètres linéaires)	1 mois	7 000 €

Le type d'intervention

La restauration d'une charpente

Dans le cadre d'une restauration, on pourra réfléchir, au vu du chantier programmé, à profiter des travaux pour envisager le réaménagement des combles.

Mais le projet de restauration peut se limiter à la seule reprise d'une pièce détériorée, par exemple, par une fuite de la couverture. Il est souvent possible de retirer la seule partie pourrie ou rompue d'une pièce atteinte et de faire une enture avec un morceau de bois de même nature. Il faut toujours, en effet, chercher à remplacer une pièce de bois par une pièce équivalente.

En cas de désordre important ayant abouti à la rupture des pièces, on remplace les éléments trop faibles par des éléments de section appropriée. Dans une charpente ancienne, on emploiera des bois façonnés à l'ancienne (y compris l'équarrissage).



Cette charpente fait l'objet d'une restauration complète dans le cadre d'un aménagement de combles.

Une autre solution, malheureusement fréquemment employée aujourd'hui, est de renforcer la pièce de bois qui a fléchi (ou rompu) par le moisement de pièces de bois (souvent d'une autre essence) et un boulonnage. Un vrai professionnel rétablit la solidité de la charpente d'une autre manière, par une juste lecture des causes, et proscrit les boulonnages, les moisements, les pièces métalliques pour conserver à l'édifice le caractère authentique de sa charpente.

Il ne revient pas plus cher de faire travailler un charpentier avec son apprenti sur une telle reprise que deux personnes pour porter une poutre métallique qu'il faudra ensuite percer !

La modification d'une charpente

Répétons-le, il ne peut être question de procéder à la modification d'une charpente sans l'avis d'un charpentier compétent. Lui seul saura déterminer ce qu'il est possible de faire pour la modifier sans remettre en cause son équilibre. En outre, cette modification implique de faire un choix clair entre le respect de la valeur historique de l'ensemble, ou l'affirmation d'un parti pris résolument contemporain.

Les prétextes pour intervenir sur une charpente ne manquent pas ! Que l'on cherche à rendre habitables les combles, qu'on veuille simplement améliorer l'éclairement ou la circulation, ou gagner de la place en supprimant une croupe ou en prolongeant le volume existant, les problèmes techniques à résoudre seront simples ou complexes. Il convient donc de prendre son temps avant de programmer des travaux.

Isolation et entretien de la charpente

Tout aménagement de combles entraîne l'installation d'une isolation du toit qui a un effet direct sur la charpente.

■ Isolation intérieure

Le choix d'une isolation par l'intérieur amène la disparition de la charpente sous les panneaux isolants. Dans ce cas de figure, on peut refaire les fermes, qui seules seront visibles, avec du vieux bois et réaliser les pannes et le chevronnage, cachés par le système d'isolation, en sapin.



■ Isolation extérieure

Une isolation par l'extérieur permet de garder la charpente visible dans son intégralité (favorisant sa surveillance), et évite les problèmes des ponts thermiques et des fuites éventuelles. Elle sera toujours privilégiée en cas de nécessaire reprise de la couverture !



Intervenir sur un arbalétrier

Le remplacement d'un arbalétrier



1. On travaille généralement en sous-œuvre, c'est-à-dire sans avoir à dégarnir le toit. On retire simplement les chevrons sur 2 m de part et d'autre de la ferme où l'on intervient.



2. On reconstitue le triangle indéformable de la ferme à l'aide d'une pièce moisée reliant le poinçon à l'autre arbalétrier.

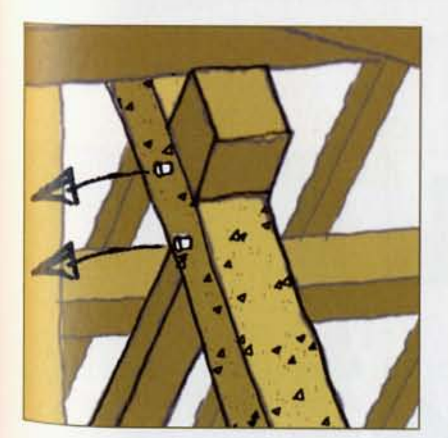


3. On va ensuite retirer l'arbalétrier en débouclant la mortaise.

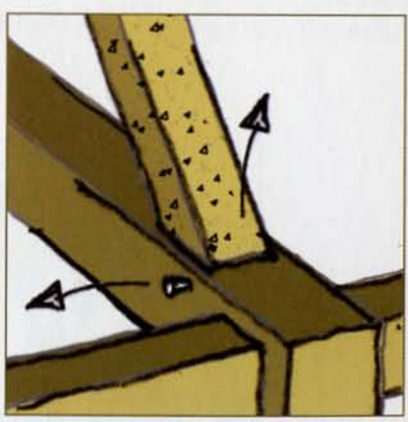




4. Les pannes sont alors soulevées à l'aide de vérins pour pouvoir dégager l'arbalétrier.

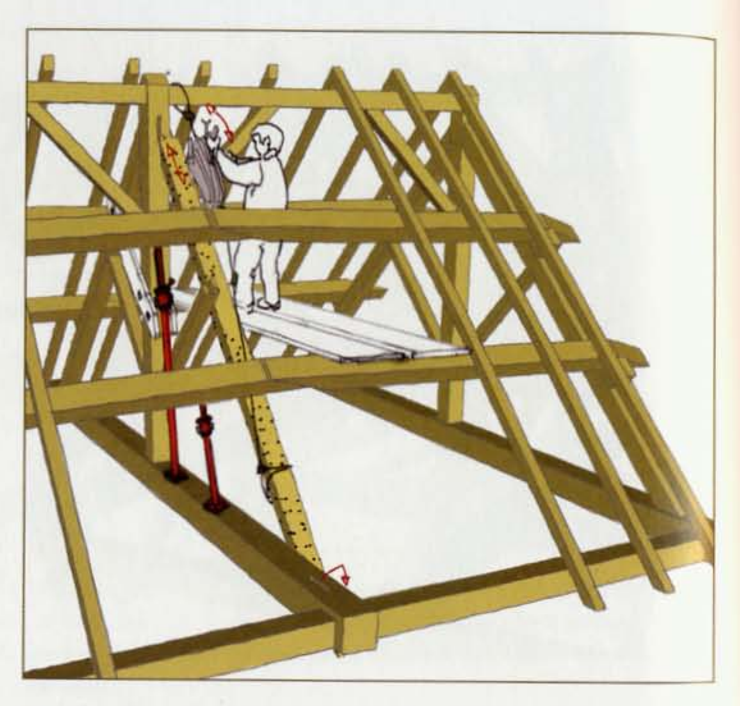


5. On peut alors décheviller la contrefiche et l'échantignole...

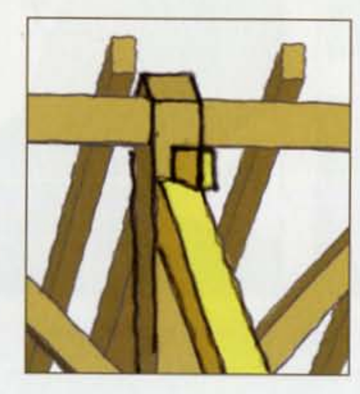


6. ... ainsi que la base de l'arbalétrier.





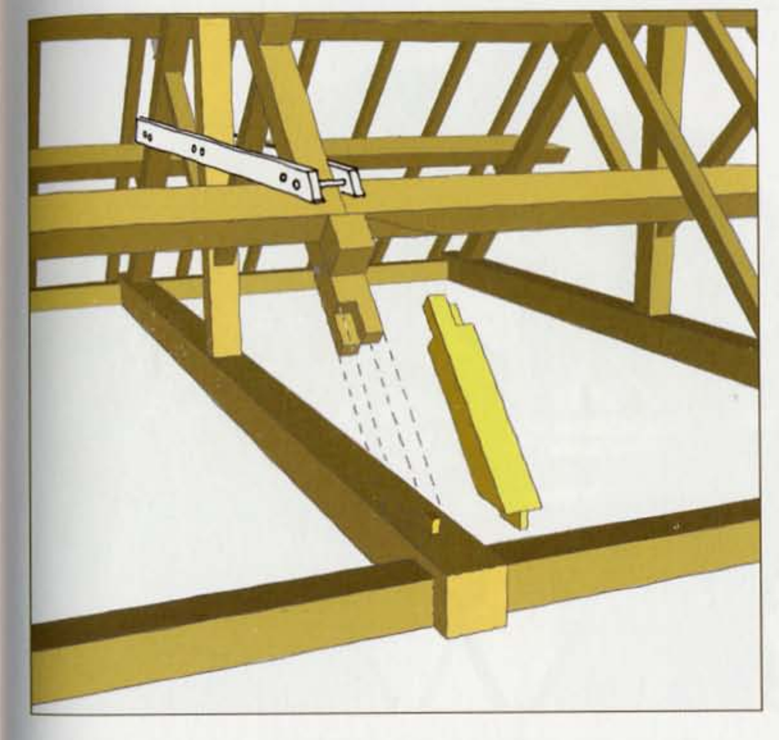
7. L'arbalétrier est finalement retiré à l'aide d'un Tirfor®.



8. Lorsqu'il sera remis en place, une clé sera entrée en force dans la mortaise débouclée pour recréer les propriétés de l'assemblage.



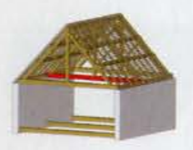
La réparation d'un arbalétrier



Variante d'intervention, avec remplacement du pied d'arbalétrier par une enture à bois debout dans l'arbalétrier et par tenon bloqué dans la mortaise de l'entrait. Une pièce moisée reconstitue la triangulation de la ferme pendant l'intervention.

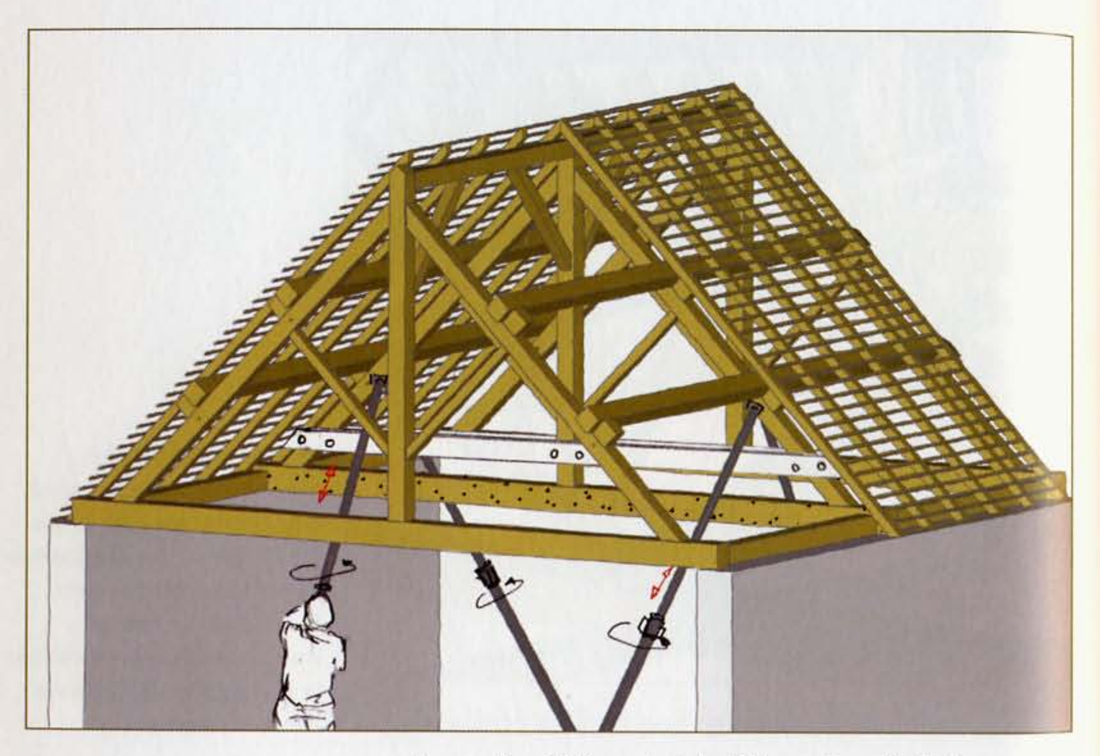


Principe de l'enture à bois debout ; les pièces s'ajustent sans jeu.



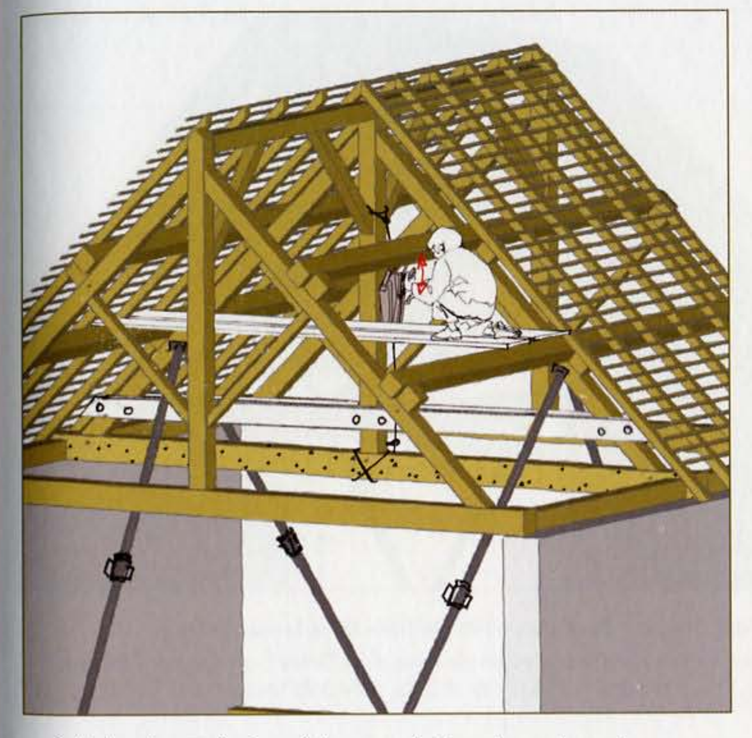
Intervenir sur un entrait

Le remplacement d'un entrait

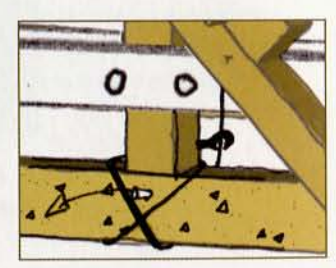


1. On remplace ici l'entrait de la 2e ferme. Les arbalétriers sont tout d'abord étayés à l'aide de vérins. Ceux-ci sont placés au droit des pannes médianes, et prennent appui sur les solives du plancher inférieur.
On solidarise ensuite les deux arbalétriers et le poinçon à l'aide de pièces de bois moisées.

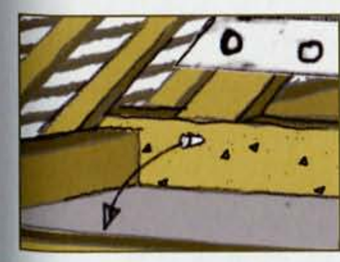




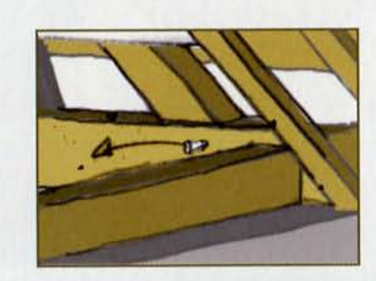
2. À l'aide d'un Tirfor®, on fait soutenir l'entrait sur lequel on intervient par le haut du poinçon.



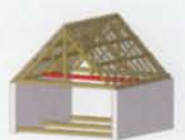
3. On désassemble l'entrait et le poinçon...

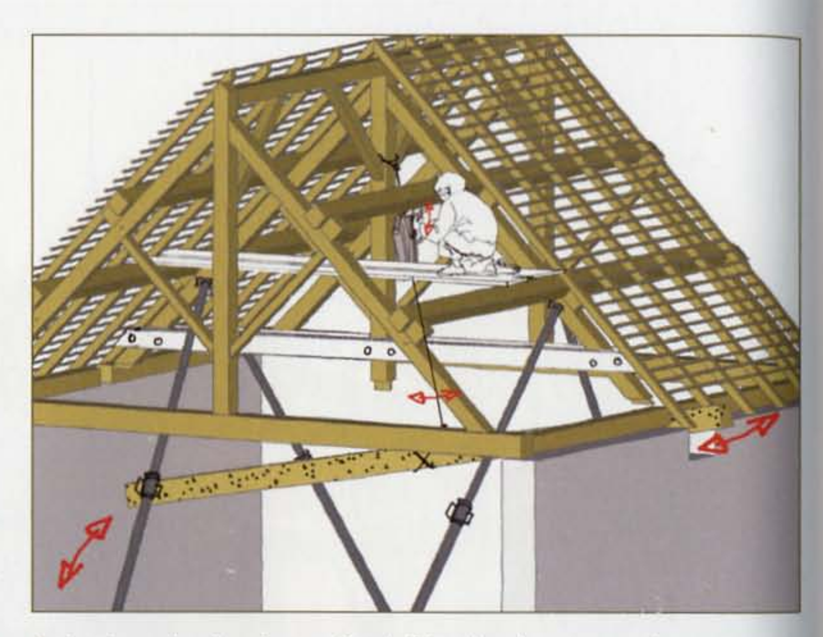


4. et...

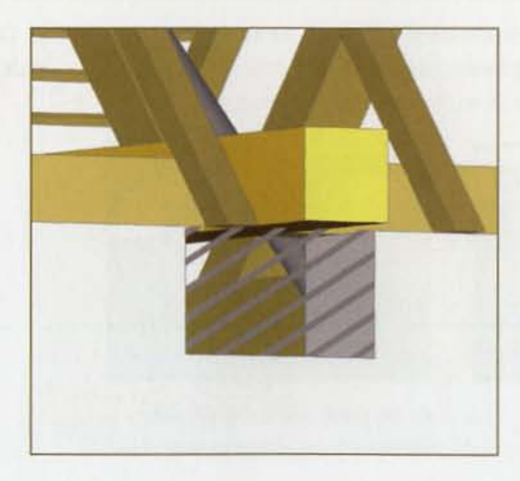


5. on peut alors décheviller l'entrait à ses deux extrémités.





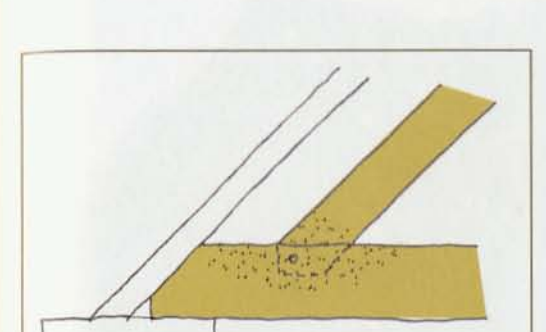
6. Après avoir ménagé un point de fuite dans la maçonnerie d'un des murs porteurs, et en s'aidant d'un Tirfor®, on dégage l'entrait.



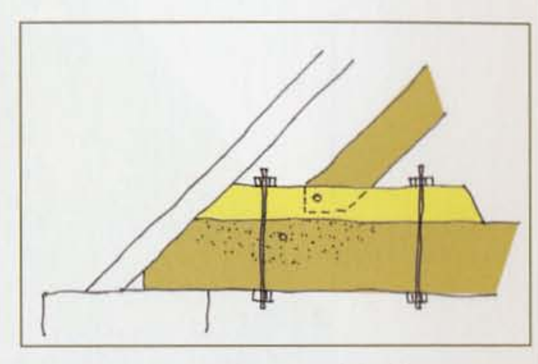
7. Le nouvel entrait est repositionné à l'aide du même Tirfor® puis la maçonnerie est reconstituée.

Le renforcement d'un entrait au niveau d'un assemblage

Variante d'intervention dans le cas d'une mortaise d'entrait dégradée nécessitant la mise en place d'une pièce de raccord.



1. Avant – L'assemblage arbalétrier / entrait ne remplit plus sa fonction vu l'état de dégradation de la mortaise.



2. Après – La pièce de raccord, boulonnée sur l'entrait, recevra le pied de l'arbalétrier par un assemblage à tenon et mortaise.

La reprise en sous-œuvre d'un entrait rompu



1. Un Tirfor® est utilisé pour «ramener» au plus près les deux éléments de l'entrait rompu.

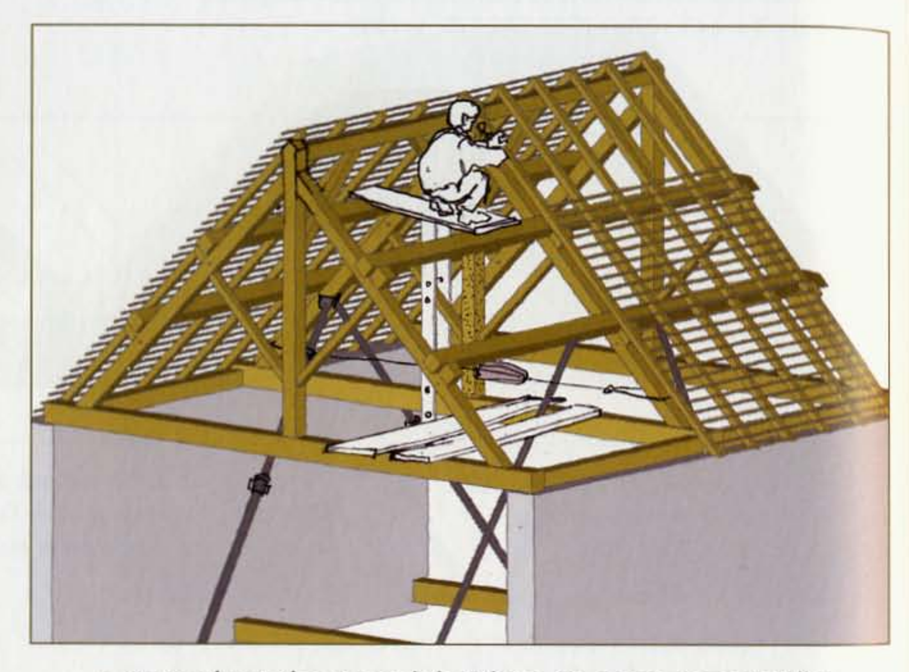


2. L'entrait repose sur une forte pièce de bois fixée à une poutre confortée par des aisseliers. Il va être boulonné à cet ouvrage de soutien ; le Tirfor® pourra ensuite être retiré.



Intervenir sur un poinçon

Le remplacement d'un poinçon



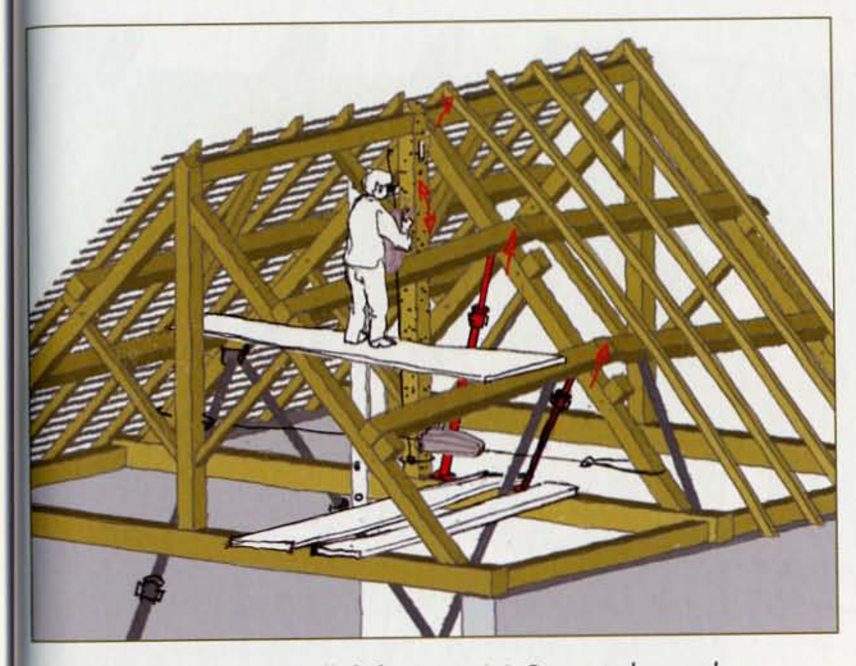
1. On remplace ici le poinçon de la 2e ferme. On commence par installer un Tirfor® en pied entre les deux arbalétriers et on moise ensuite la demi-ferme qui semble la plus solide en liaisonnant arbalétrier, contrefiche et entrait. Des vérins sont placés sous l'arbalétrier moisé, au niveau de la contrefiche, et sous les pannes du côté opposé.

2. On décheville alors la tête de l'arbalétrier laissé libre et on déboucle sa mortaise...



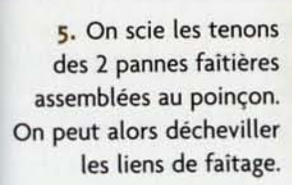
3. ainsi que le pied des contrefiches.

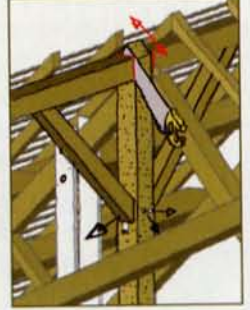


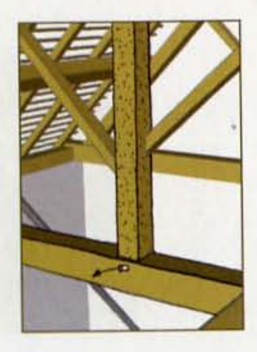


4. On décheville la tête de l'arbalétrier moisé. On peut alors soulever les pannes. Le poinçon est attaché à l'arbalétrier moisé à l'aide d'un Tirfor® qui reste en place.

5. On scie les tenons des 2 pannes faîtières assemblées au poinçon. On peut alors décheviller les liens de faitage.

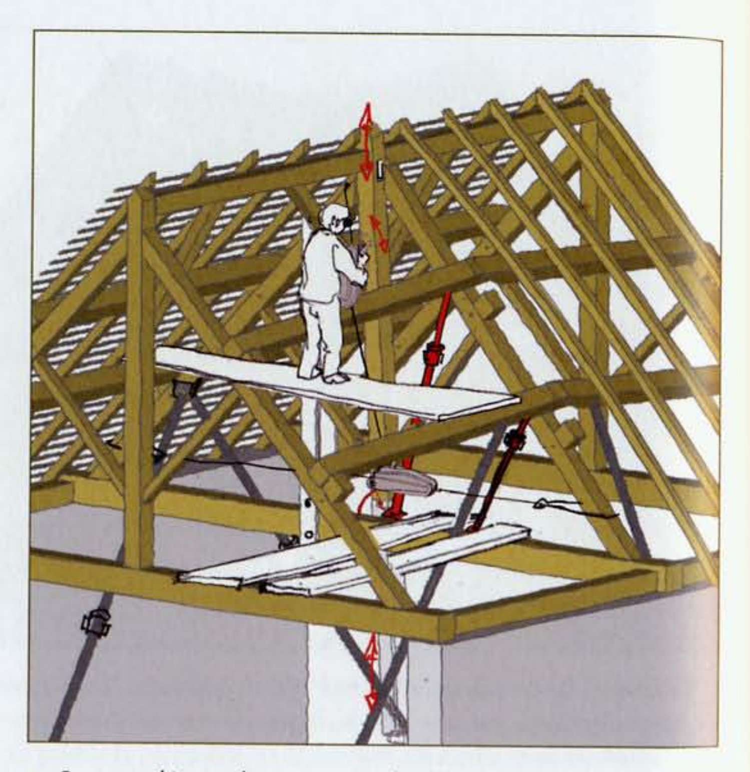






6. On décheville enfin l'about du poinçon de l'entrait.





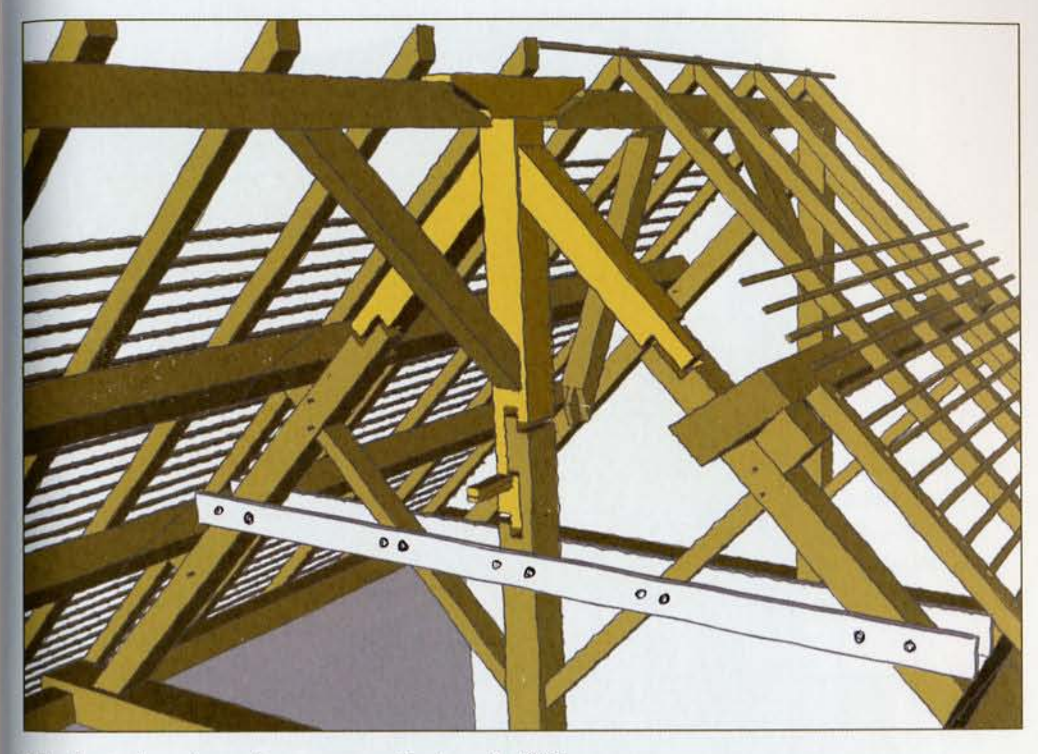
7. On peut dégager le poinçon en le déboîtant, par le haut, de son tenon de pied et le basculer sur le côté de l'entrait en le laissant maintenant glisser vers le bas.



8. Une mortaise est créée aux deux abouts des pannes faîtières sciées. On met en place le nouveau poinçon, qui s'assemble au faîtage grâce à 2 faux tenons qui seront chevillés. C'est le même Tirfor® qui sert à ce réemboîtement.



La réparation d'un poinçon

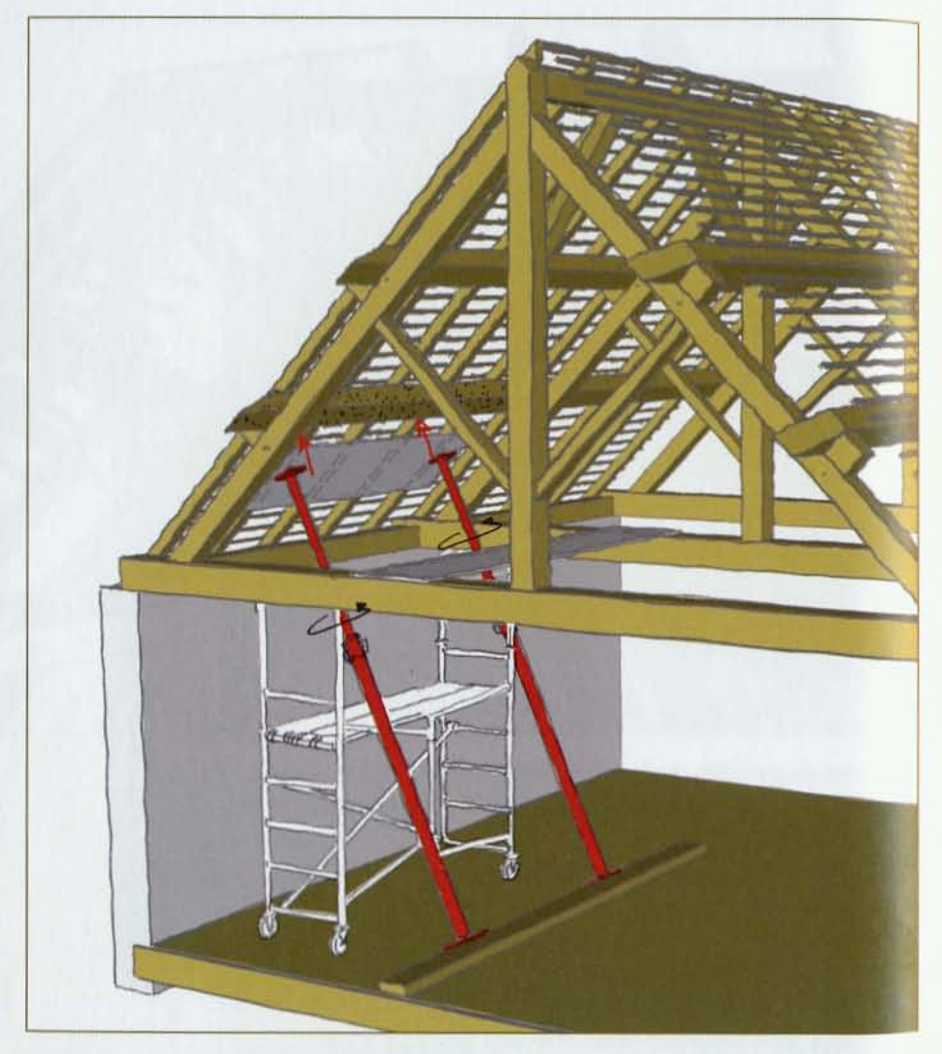


Si le haut du poinçon (avec une partie des arbalétriers et aussi une petite partie du faîtage) est abîmé, un remplacement partiel peut suffire.
Après avoir moisé arbalétriers, contrefiches et poinçon, on scie la partie haute de l'assemblage poinçon / arbalétriers.
La nouvelle tête de poinçon est assemblée à l'ancienne par un trait de Jupiter parallèle. Les deux têtes d'arbalétriers sont assemblées à leur partie conservée par une enture à bois debout, et par tenon et mortaise au nouveau morceau de faîtage, qui a des joints à sifflet désabouté.



Intervenir sur une panne

Le remplacement d'une panne intermédiaire



1. On commence par étayer avec des vérins le chevronnage situé sous la panne concernée.





2. Deux personnes peuvent, aisément, dégager la panne en la faisant glisser sur l'arbalétrier.



3. La panne dégradée est remplacée par une pièce de bois neuve venant prendre la place de l'ancienne sur les échantignoles.



Dans le cas de cette toiture rénovée qui a amené l'exhaussement du toit, on se sert de l'ancienne échantignole pour caler un coin qui soutient la panne.

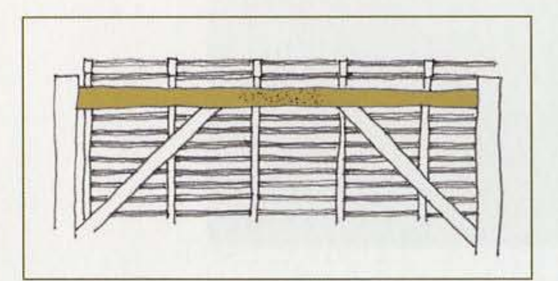


La réparation d'une panne faîtière

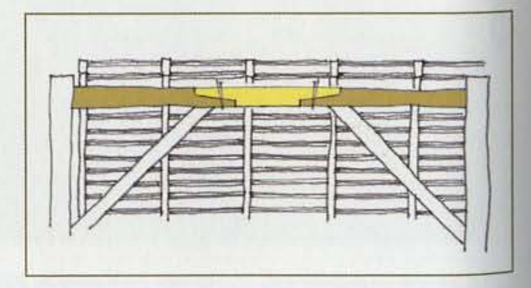


On intervient ici sur une panne faîtière dont seule la partie centrale est détériorée. Dans cet exemple, le désordre a entraîné la dégradation d'une partie de la toiture.

■ Premier cas de figure

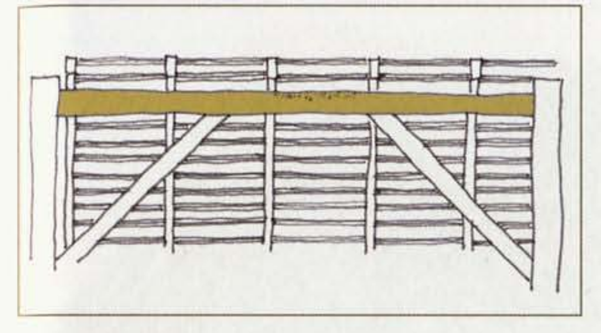


1. Avant – La panne faîtière est dégradée sur toute l'épaisseur de sa section.

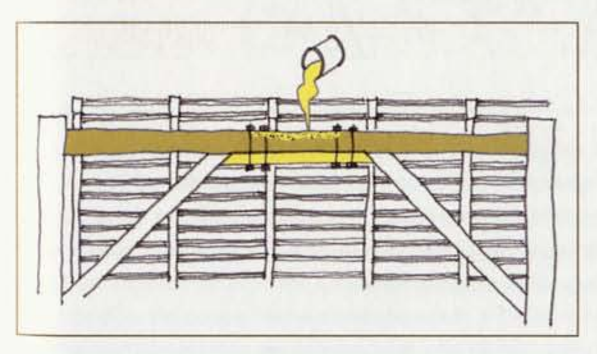


2. Après – La partie atteinte est remplacée par une pièce de bois neuve assemblée aux parties conservées par une enture à sifflet et chevillage.

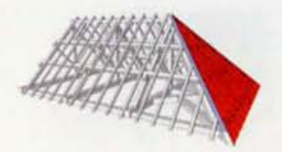
■ Deuxième cas de figure



1. Avant – Seul le tiers supérieur de la panne est détérioré.

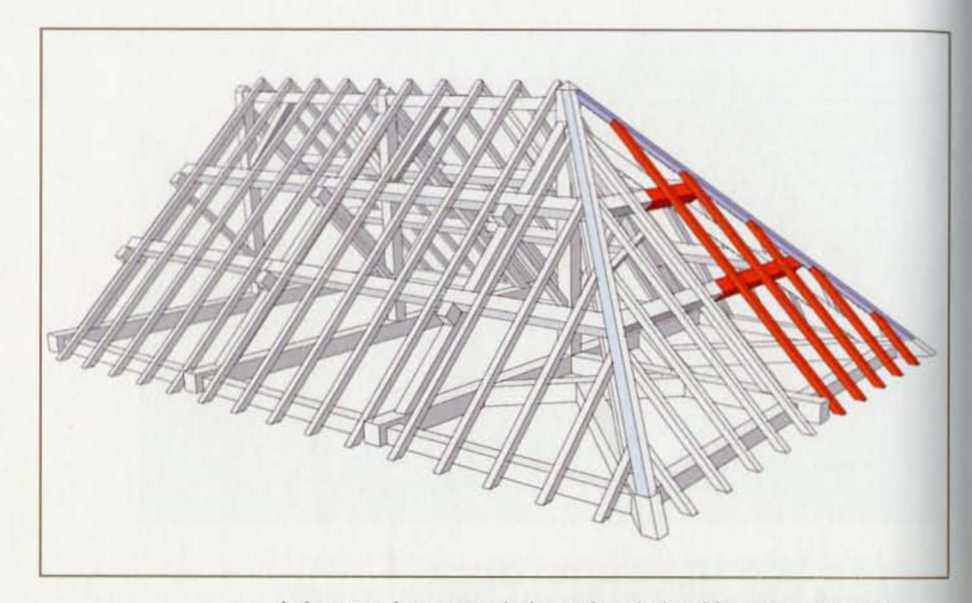


2. Après – Après avoir mis en place une pièce de renfort boulonnée, on reconstitue avec de la résine la partie de bois dégradée qui a été retirée.

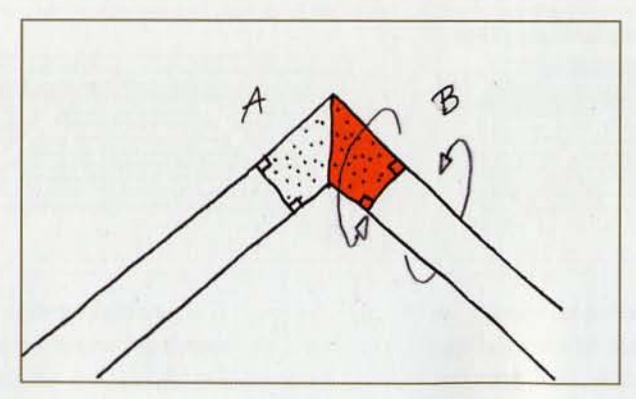


Intervenir sur une croupe

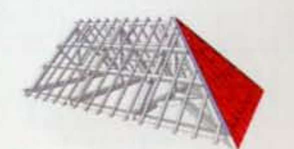
La suppression d'une croupe

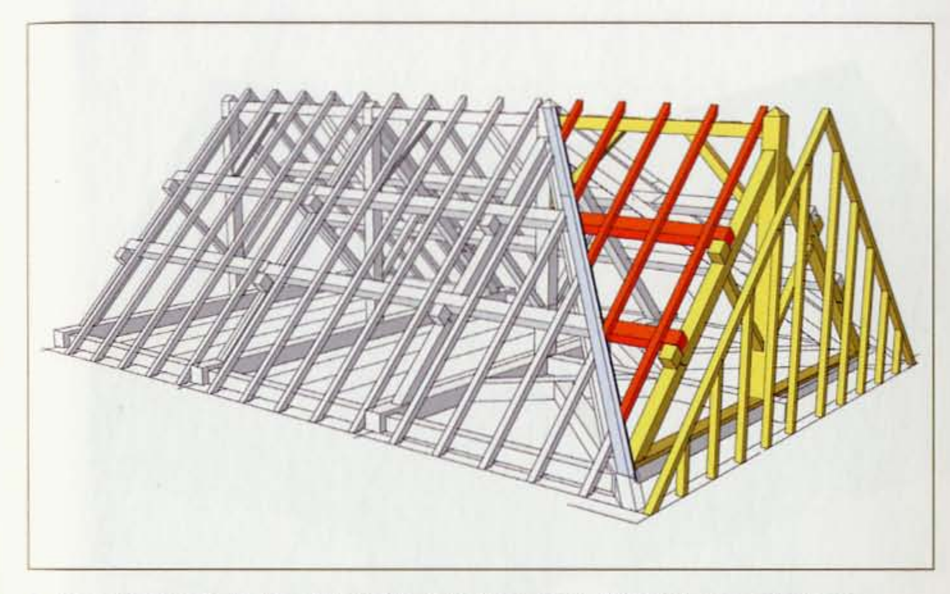


1. Il s'agit ici de gagner de la surface habitable en supprimant la croupe. Dans cette opération, la quasi-totalité des pièces d'origine seront réutilisées dans la nouvelle charpente. Elles conserveront leurs fonctions, seul le plan d'utilisation étant modifié et leur disposition inversée.

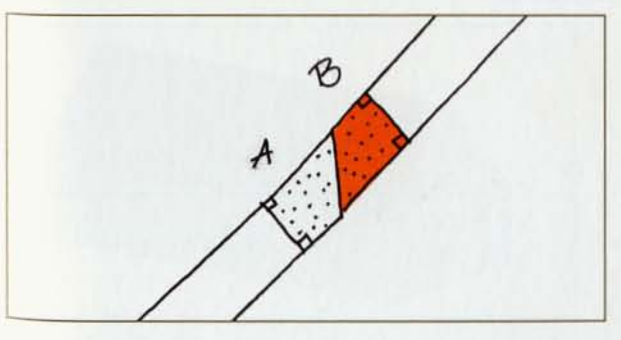


Détail : chevron d'arêtier d'origine vu en bois debout.





2. Les empannons de la partie droite (précédemment déposés) sont retournés pour prendre place sur le long pan gauche... Il en sera de même pour les empannons de la partie gauche de la croupe (qui prendront place sur le long pan opposé). Les pannes de croupe, coupées à l'axe de la demi-ferme, sont elles aussi reportées dans la nouvelle charpente. Chaque tronçon retrouve une place sur le long pan, en position de coupe biaise correspondant à l'arêtier resté en place. Ici, le charpentier mettra, en pignon, soit une ferme, soit une ossature bois.

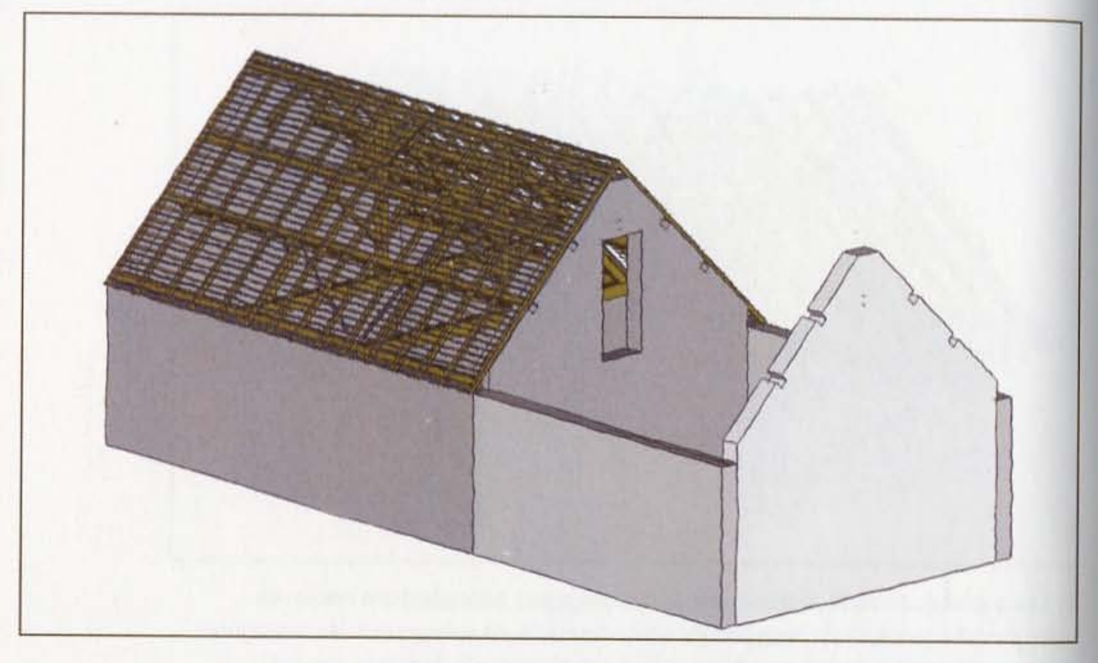


Détail : après retournement d'une partie du chevron (B) vu en bois debout.

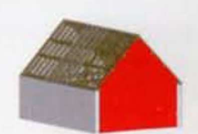


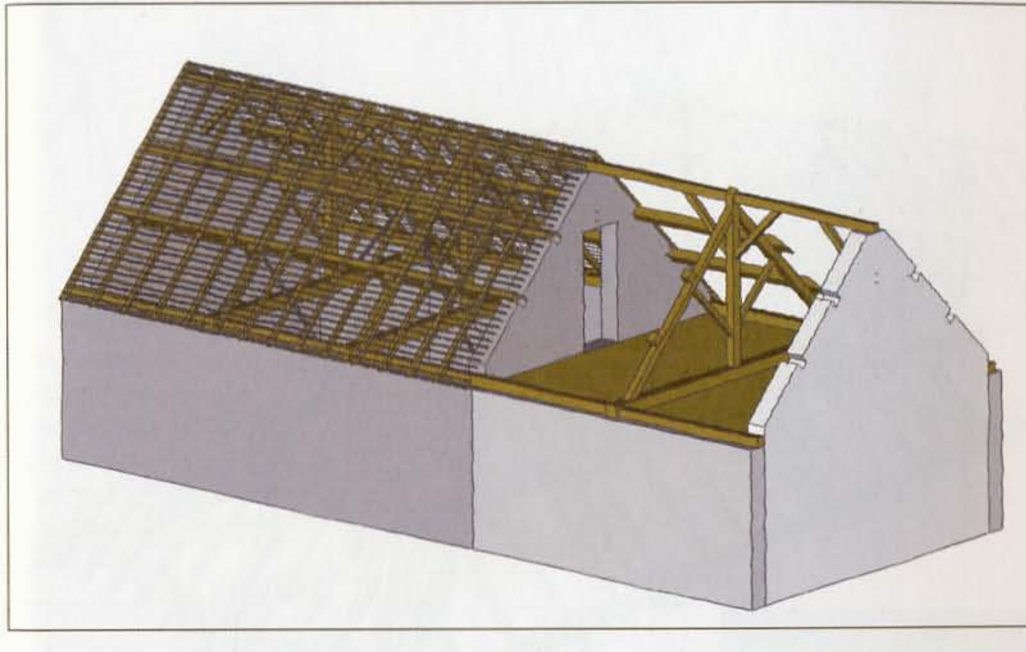
Créer une charpente

La création de charpente en extension longitudinale

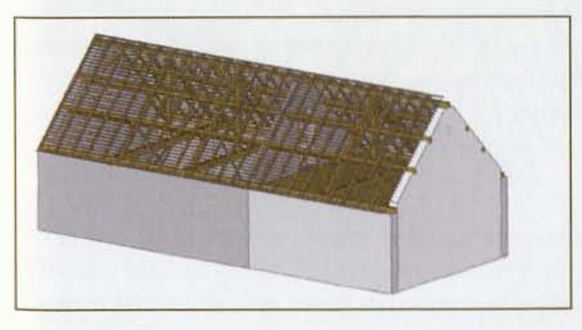


1. On a choisi pour cette maison d'augmenter la surface habitable en prolongeant le bâtiment initial. Le nouveau volume étant modeste, une seule ferme de charpente est nécessaire. On commence par élever le nouveau pignon, l'emplacement des pannes de la future charpente étant déjà déterminé dans la maçonnerie.

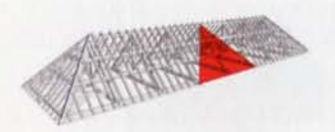




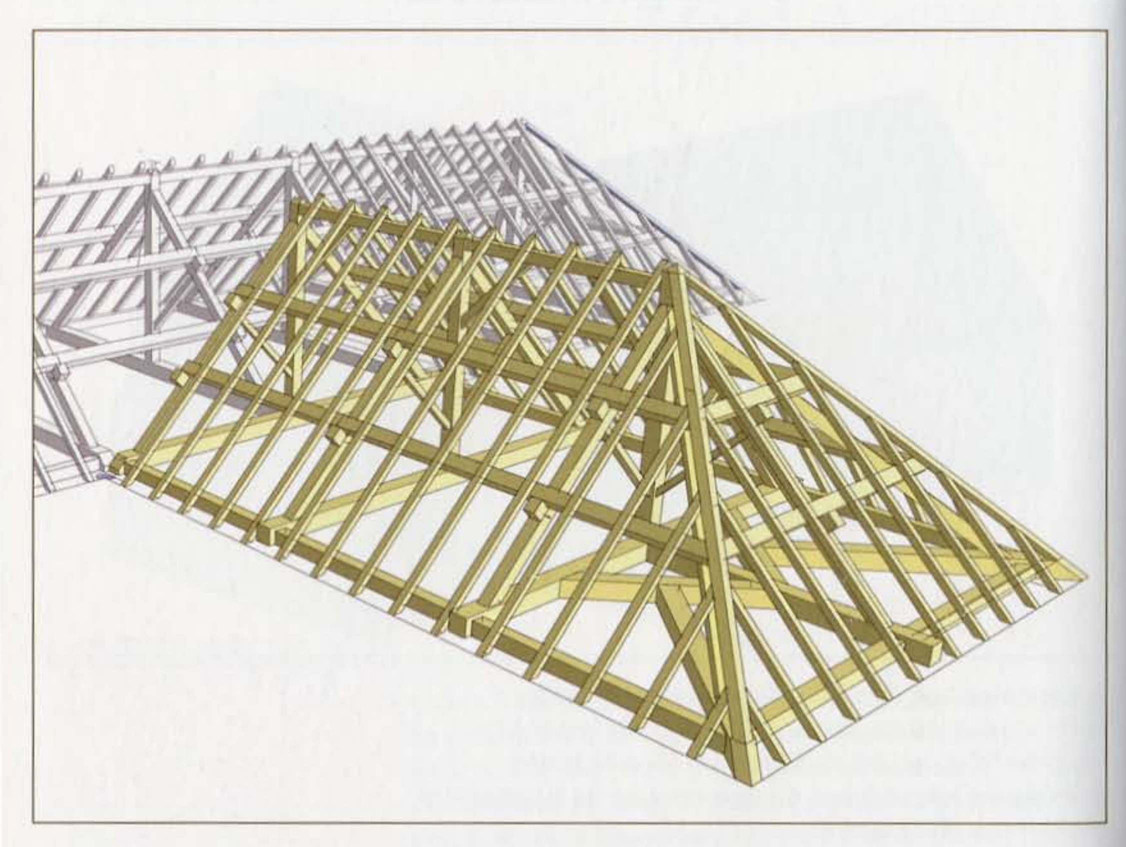
2. Après avoir assis l'entrait sur le couronnement du mur et l'avoir assemblé aux pannes sablières, on lève le poinçon, les contrefiches, les liens de faîtage puis la panne faîtière et les pannes intermédiaires, qui reposeront sur les échantignoles chevillées sur les arbalétriers.



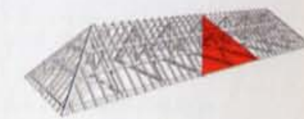
3. Il ne reste plus qu'à fixer les chevrons sur les pannes et à clouer le lattis qui accueillera la couverture.



La création de charpente en extension orthogonale



1. L'extension projetée se situe en partie centrale de la charpente existante et comportera une croupe.
On commence par découvrir les travées où se greffera l'extension.
On monte ensuite le nouveau corps de bâtiment, dans l'axe de la ferme centrale.

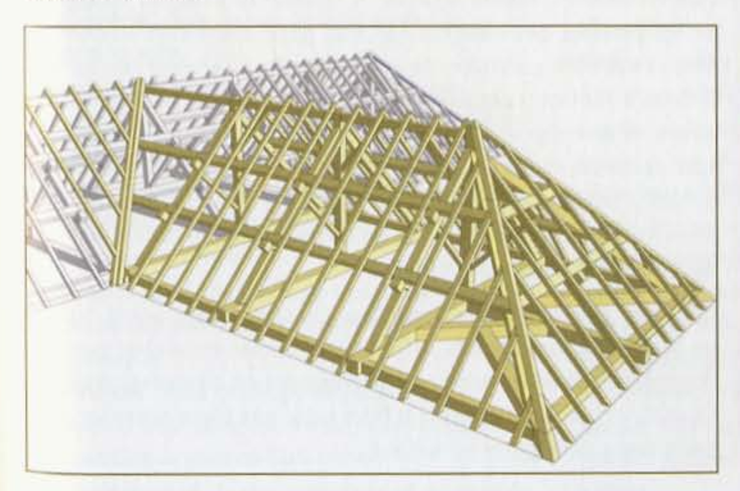




2. Pour assurer le raccordement du plan de l'extension et des chevrons de noue, la tête du poinçon reçoit une petite pièce (de forme pyramidale) qui permet d'asseoir la noue.



3. On peut alors raccorder les deux plans de toiture en creux, formant ainsi une noue chanlattée.



4. Les pannes de la nouvelle charpente viennent prendre appui sur celles du bâtiment initial. Les empannons sont fixés sur la noue, formée de deux pièces définissant un angle rentrant.



Raccordement de deux pans de toiture formant noue (ici recouvert d'un noquet en zi

Protéger une charpente

Comprendre la logique d'une charpente, son fonctionnement et les faiblesses du matériau qui la compose sont les meilleurs garants pour lui permettre de jouer son rôle le plus longtemps possible. Il ne s'agit pas de la traiter avec des produits miracles, mais de s'efforcer de respecter les règles concernant les performances du bois ou la répartition des charges.

Les traitements du bois sont en effet polluants et le plus souvent inefficaces. On ne peut pas réparer l'incurie qui a présidé lors de l'abattage, du stockage ou de la préparation des bois par de telles interventions. Quand on sait que **le chêne** est non imprégnable, on comprend que ces traitements (par injection, projection, badigeon) ne sont d'aucune utilité pour sa conservation. Il n'y a guère que son aubier qui, chargé en amidon, soit dégradable : il s'échauffe rapidement, attaqué par les insectes. Cet aubier pourrait, à la rigueur, être traité. Mais il n'est jamais important dans les pièces de charpente car sa fragilité a amené les charpentiers à l'éliminer au maximum des bois mis en œuvre.

Le peuplier, quant à lui, peut être attaqué par les sirex et par les vrillettes, mais sans grande conséquence pour sa tenue dans le temps. En effet, même attaqué, il ressemble à nos os spongieux et les galeries des insectes (de très petit diamètre) laissent au bois une bonne cohésion de ses fibres. Pour l'altérer réellement il faudra l'action complémentaire de l'humidité. À l'inverse du chêne, le peuplier est très facilement imprégnable et peut recevoir des produits de traitement. Mais on retiendra que beaucoup de ces produits sont néfastes pour la santé. Ces traitements, toujours coûteux, n'empêcheront de toute façon jamais de manière définitive l'attaque des insectes.

Protéger une charpente ancienne consiste donc avant tout à en assurer la surveillance et l'entretien pour empêcher que des dégradations mineures ne se transforment en désordres majeurs. Et, surtout, veiller à ne pas lui faire subir des transformations qui mettraient sa logique en défaut.

Glossaire

About : Extrémité d'une pièce de bois, notamment d'un tenon coupé à l'équerre.

Aisselier : Pièce de charpente placée sous l'entrait d'une ferme pour reprendre une partie des charges.

Arbalétrier : Pièce oblique de charpente portant les pannes.

Arêtier : Pièce de charpente placée à la jonction de deux pans de toit.

Assemblage : Procédé de liaison des pièces de bois entre elles par pénétration et combinaison de section.

Aubier : Partie tendre d'un bois située entre l'écorce et le duramen.

Bille : Tronçon du fût d'un arbre avant équarrissage et débitage.

Bisaiguë (ou besaiguë) : Outil du charpentier composé d'une barre d'acier terminée, à ses deux extrémités, par un bédane et un ciseau.

Blochet : Petite pièce de charpente horizontale assurant la liaison entre un arbalétrier et une jambe de force.

Bois-de-brin : Pièce de bois de faible diamètre, à peine équarrie.

Champignon lignivore : Végétal cryptogamique, parasite du bois et des surfaces exposées à l'humidité.

Chanlatter : Couper une latte de bois en biais.

Cheville : Petite tige de bois dur taillée en cône à l'une de ses extrémités qui traverse un assemblage et en assure la cohésion.

Chevron : Pièce de bois fixée verticalement sur les pannes pour supporter les éléments de couverture.

Contrefiche : Pièce de charpente placée sous l'arbalétrier pour reprendre une partie des charges et assemblée au poinçon d'une ferme.

Contreventement : Ensemble des liens ou contrevents mis en place pour contrer la déformation latérale d'une charpente ou d'une ossature, notamment sous l'effet du vent.

Console : Élément posé en saillie pour supporter une charge.

Corbeau : Élément ayant la même fonction que la console mais de moindre hauteur.

Croix de Saint-André : Assemblage de deux pièces de bois croisées pour assurer une meilleure rigidité dans un ouvrage.

Croupe : Petit pan raccordant les deux principaux versants d'une toiture.

« Déboucler une mortaise » : Élargir l'entaille d'une mortaise à l'aide d'une tarière et d'un ciseau.

Debout : Le bois debout travaille en compression dans le sens perpendiculaire au fil du bois.

Descente de charges : Cheminement des charges dans un ouvrage.

Déversement : Déformation accidentelle d'un mur dont la partie supérieure s'éloigne de l'aplomb.

Duramen (ou bois parfait) : Partie centrale du bois, après élimination de l'écorce et de l'aubier.

Échantignole (ou chantignole) : Pièce de bois assemblée aux arbalétriers d'une ferme pour bloquer et maintenir en place une panne.

Empannon : Chevron de croupe allant d'un arêtier à la sablière.

Enlaçure : Orifice sur une pièce de bois assemblée à tenon et mortaise dans lequel est fichée la cheville.

Entaille : Évidement pratiqué dans une pièce de bois en vue de son assemblage avec une autre (entaille droite ou mi-bois, entaille à queue d'aronde, entaille biaise...).

Entrait : Poutre horizontale constituant la base d'une ferme triangulée.

Enture : Assemblage bout à bout de deux pièces de bois taillées pour pouvoir s'emboîter.

Épure : Représentation à l'échelle d'un ouvrage de charpente, en plan, coupe et élévation.

Équarrir : Donner à l'équerre un bois en grume en ôtant les dosses au moyen d'une scie ou d'une hache à équarrir.

Établissement : Ensemble des opérations allant du tracé des pièces jusqu'au montage de l'ouvrage : l'établissement comprend le tracé des épures,

la sélection, l'équerrage et le marquage des bois, la taille des assemblages, et enfin le levage.

Étaiement : Dispositif permettant, à l'aide de pièces longues en bois ou en métal, de maintenir provisoirement un ouvrage.

Faîtage : Ligne de crête du toit placée à l'intersection des pans de toiture.

Ferme : Structure triangulaire constituant l'ossature d'une charpente par l'assemblage, dans le cas d'une ferme simple, d'un entrait (à la base du triangle), de deux arbalétriers (formant les côtés) et d'un poinçon vertical.

Flache (« avoir du flache ») : Se dit d'une pièce non équarrie qui conserve une forme arrondie voire de l'écorce.

Fléchissement : Déformation courbe d'une longue pièce de bois horizontale sous l'effet d'une charge excessive ou d'une compression en bout.

Jambe de force : Pièce de bois oblique qui, dans une charpente, soulage l'entrait en transférant les charges et les efforts dans le mur gouttereau.

Laceret : Outil servant à percer les trous de cheville.

Latte : Pièce de bois fendue clouée horizontalement sur les chevrons pour recevoir les matériaux de couverture.

Levage : Pose, à leur place définitive, des pièces de bois préalablement préparées et pré-assemblées en atelier.

Lien : Pièce de consolidation, posée de biais pour reprendre une partie des charges.

Liteau : Petite pièce de bois rectangulaire clouée horizontalement sur les chevrons pour recevoir les matériaux de couverture.

Marque du charpentier : Chiffre ou signe conventionnel d'identification gravé par le charpentier sur les pièces.

Mise dedans : Montage provisoire des pièces, au sol, en vue de réaliser ou de vérifier les assemblages.

Moisement : Ouvrage fait de deux pièces jumelles placées de part et d'autre d'une autre pièce qu'elles consolident et assemblées généralement par boulonnage.

Mortaise : Entaille faite dans une pièce de bois, destinée à recevoir un tenon chevillé.

Noue : Angle rentrant formé par la jonction de deux versants de toit.

Panne : Pièce de bois horizontale, placée sur les arbalétriers d'une ferme, qui supporte les chevrons de la couverture. La panne faîtière, à la jonction des deux versants de toiture, porte l'extrémité supérieure des chevrons.

Poinçon : Pièce verticale d'une ferme triangulée dans laquelle s'assemblent les arbalétriers, l'entrait et éventuellement des contrefiches.

Portée : Distance comprise entre deux points d'appui successifs dans une construction.

Poteau : Pièce verticale porteuse, en bois.

Queue-d'aronde (en) : Assemblage dans lequel le tenon est évasé, rappelant la queue d'une hirondelle (ou aronde ou hironde).

Raide : Courbure naturelle longitudinale d'une pièce de bois due principalement à un retrait plus fort des fibres tendres (près de l'aubier) lors du séchage que celui des fibres dures placées près du cœur. On dit que le bois « tire à cœur ».

Relevé architectural : Réaliser le « levé » d'un plan, c'est-à-dire la représentation graphique cotée d'un terrain ou d'un ouvrage.

Sifflet (en) : Se dit d'une pièce de bois taillée en biseau.

Solin : Ouvrage réalisé en mortier ou en plâtre pour garnir une rive ou calfeutrer un raccordement de toiture.

Sous-faîtage : Pièce horizontale placée sous la panne faîtière dans laquelle s'assemblent les potelets et les liens assurant le contreventement de la charpente.

Surbille : Partie d'une bille dans laquelle ont déjà été prélevés les bois de tranchage pour l'ébénisterie et/ou la menuiserie ; la surbille étant la partie restante du tronc vers son faîte.

Tarière : Outil servant à percer des trous et à ébaucher les mortaises.

Tenon : Partie saillante d'un assemblage qui s'encastre dans l'entaille de la mortaise.

Trait de Jupiter (à) : Assemblage, par enture, de deux pièces de bois, avec clef, servant à la reprise de traction.

Volige : Planche de bois fixée entre la couverture et la charpente.

Bibliographie

Association ouvrière des Compagnons du Devoir du Tour de France, «La charpente et la construction en bois», *Encyclopédie des Métiers*, Paris, Librairie du compagnonnage, 1978

E. Barberot, *Traité pratique de charpente*, Éd. Librairie Polytechnique Ch. Béranger, 2e éd., Paris, 1952

J. & L. Coignet, *La maison ancienne, Construction, diagnostic, interventions*, Éd. Eyrolles, 2e éd., 2006

A. R. Emy, *Traité de l'art de la charpenterie*, Éd Carillian-Goeury et Anselin, Paris, 1841

Y.-M. Froidevaux, *Techniques de l'architecture en France, construction et restauration*, Éd. Mardaga, 2001

M. Jousse, *L'art de la charpenterie*, Paris, 1751

Le bois et la charpente aux éditions Eyrolles

Y. Benoit, *Le coffret de reconnaissance des bois de France*, 1999

Y. Benoit, *Le guide de reconnaissance des bois de France*, 1999

Y. Benoit, *Le guide des essences de bois*, 1997

Y. Benoit & T. Paradis, *Construction de maisons à ossature bois*, 2007

M. Eucher, *Manuel des traits de charpente*, 1997

M. Gerner, *Les assemblages des ossatures et charpentes en bois*, 1994

R. Newman, *Construction traditionnelle à ossature en chêne*, 2007

T. Noll, *Assemblages en bois*, 2004

M. Ramuz, *Encyclopédie du travail du bois*, 2003-2008

H. Renaud, *Charpentes et couvertures*, 2002

H. Renaud, *Choisir et réaliser les charpentes*, 2003

J. Repiquet & L. Duca, *Construire en bois aujourd'hui*, coll. Architectures à vivre, 2007

R. Roy, *Escaliers en bois*, coll. Gabarits et Tracés, 1977-2004

J.-L. Valentin, *Le colombage, mode d'emploi*, coll. Petite Encyclo. Maison, 2006

J. Zerlauth, *L'autoconstruction en bois*, 2006

Table des matières

La charpente, un ouvrage complexe et stratégique 4

Les bois de charpente 7

Les essences utilisées 8

- Le choix des arbres locaux 8
- Les principales essences 10

Chêne et peuplier de charpente 14

- Le chêne de charpente 14
- Le peuplier de charpente 15

Formes et sections des bois mis en œuvre 16

- Sections carrées ou sections rectangulaires 16
- Profils et sections 16

Abattage et préparation des bois 18

- L'abattage 18
- Le séchage 19

Le travail de charpentier 20

- L'étude de l'épure 20
- Le tracé de l'épure 20
- La mise sur épure 20
- La mise sur ligne 21
- Le piquage des assemblages 21
- Le marquage des bois 21
- Le traçage du chevillage et le percement des enlaçures 22
- Le taillage et la vérification des assemblages 22
- La mise dedans sur épure 23
- Le levage 23
- Les outils de la tradition 24

Lecture d'une charpente 29

Histoire et datation d'une charpente 30

- Les dates inscrites 30
- Les traces de façonnage 30
- Les marques de charpentier 32
- Les analyses scientifiques 33

Rôle et fonctionnement d'une charpente 34

- La triangulation 34
- Le contreventement 35

Composition d'une charpente 36

- Les pièces de charpente 36
- La charpente à croupe 40
- Les assemblages 40

Typologies particulières 44

- Charpentes à la Philibert 45
- Charpentes « à la Mansard » 45
- Charpentes « à chandelles » 46
- Charpentes « à chevalets » 46
- Charpentes avec arbalétriers assemblés sur des poteaux 47
- Charpentes « à hommes debout » 47

Diagnostic d'une charpente 49

Le relevé de charpente 50

- Le relevé d'une ferme 50
- Le relevé d'une charpente 51

La lecture des désordres 52

- Les zones sensibles 52
- L'encastrement des bois dans la maçonnerie 53

Deux causes courantes de désordres 54

- Une humidité stagnante 54
- Une faiblesse structurelle 54

Deux désordres courants 55

- Le fléchissement des pièces de bois 55
- La désolidarisation des assemblages 55

Les ennemis de la charpente 56

- L'humidité et les attaques des insectes 56
- Les insectes xylophages 56
  - La petite vrillette 56
  - La grosse vrillette 57
  - Le lyctus 57
  - Le capricorne « des maisons » 58
  - L'hespérophane ou « capricorne du chêne » 58
  - Le termite 58
- Les champignons lignivores 60
  - Le coniophore des caves 60
  - Le (ou la) mérule 61

Intervention sur une charpente 63

Le recours aux professionnels 64

- Préparation du chantier 64
- Coût et durée des interventions 65

Le type d'intervention 66

- La restauration d'une charpente 66
- La modification d'une charpente 67

Intervenir sur un arbalétrier 68

- Le remplacement d'un arbalétrier 68
- La réparation d'un arbalétrier 71

Intervenir sur un entrait ....

- Le remplacement d'un entrait ....
- Le renforcement d'un entrait au niveau d'un assemblage ....
- La reprise en sous-œuvre d'un entrait rompu ....

Intervenir sur un poinçon ....

- Le remplacement d'un poinçon ....
- La réparation d'un poinçon ....

Intervenir sur une panne ....

- Le remplacement d'une panne intermédiaire ....
- La réparation d'une panne faîtière ....
  - Premier cas de figure ....
  - Deuxième cas de figure ....

Intervenir sur une croupe ....

- La suppression d'une croupe ....

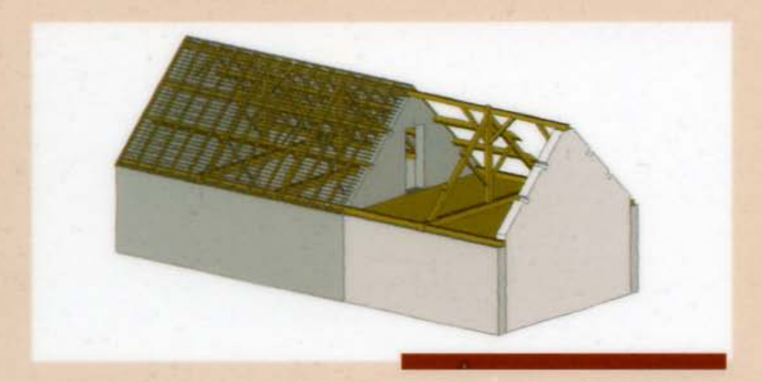
Créer une charpente ....

- La création de charpente en extension longitudinale ....
- La création de charpente en extension orthogonale ....

Protéger une charpente ....

Glossaire ....

Bibliographie ....



De l'arbre au toit, ou tout l'art de la charpente

Après *Le colombage, mode d'emploi*, Jean-Louis Valentin, Compagnon du Devoir, Maître-Charpentier et architecte DPLG, expose ici les grands principes de conception des charpentes traditionnelles. Cet ouvrage permettra au lecteur d'acquérir une connaissance pointue du matériau bois (qualité, préparation, mise en œuvre et entretien), des types de charpente existants, du travail du charpentier.



Il constitue aussi un manuel inédit, servi par des croquis remarquablement précis, des réparations et des modifications possibles sur les charpentes anciennes.

Un guide essentiel pour les propriétaires de maisons et les artisans.

Code éditeur : G12329
ISBN : 978-2-212-12329-6



www.editions-eyrolles.com
Groupe Eyrolles | Diffusion Geodif | Distribution Sodis

Conception : Nord Compo